

MOŻLIWOŚCI OCENY STANU POWIETRZA ATMOSFERYCZNEGO NA PODSTAWIE DEFOLIACJI W MIASTACH NA PRZYKŁADZIE KIELC

Małgorzata Anna Józwiak, Marek Józwiak

Józwiak M.A., Józwiak M., 2014: Możliwości oceny stanu powietrza atmosferycznego na podstawie defoliacji w miastach na przykładzie Kielc (*The ability to assess the state of air pollution in cities on the basis of defoliation as the example of Kielce*), *Monitoring Środowiska Przyrodniczego*, Vol. 16, s. 21–27.

Zarys treści. Warunki życia w mieście determinowane emisją spalin samochodowych, słabym przewietrzaniem wynikającym z braku korytarzy powietrznych, przy złym projektowaniu przestrzennym obszarów zurbanizowanych, są przyczynami pogarszających się warunków życia w mieście. Kontrolę stanu higieny powietrza umożliwia obserwacja defoliacji w zadrzewieniu śródmiejskim. Badania takie wykonano na terenie miasta Kielce. Uzyskane na tej podstawie informacje pozwoliły wskazać obszary miasta o różnym stopniu zanieczyszczenia powietrza.

Słowa kluczowe: biowskaźnik, zanieczyszczenie powietrza, defoliacja.

Key words: *astatic ponds, mollusks, seasonal dynamics.*

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

1. Wprowadzenie

Defoliacja ocenia stopień redukcji aparatu asymilacyjnego drzewa w odniesieniu do drzewa wzorcowego, tzw. drzewa referencyjnego. Drzewo referencyjne powinno wykazywać pełne pokrycie korony drzewa igłami lub liśćmi, uwzględniać podobny wiek i znajdować się w porównywalnych warunkach siedliskowych w stosunku do drzew badanych (Lech i in. 1994; Wawrzoniak i in. 1999). Defoliacja, czyli ubytek aparatu asymilacyjnego, jest wskaźnikiem charakteryzującym ogólny stan zdrowotny drzewa. Często jest ona utożsamiana z pojęciem przerzedzenia korony. Pamiętaj jednak należy, że przerzedzenie jest najczęściej skutkiem defoliacji. Powstaje w wyniku działania całokształtu negatywnych czynników na korony drzew, a nie jedynie w wyniku ubytków aparatu asymilacyjnego.

Przerzedzenie najczęściej wiąże się ze zmianą formy i pokroju korony drzewa, zamieraniem gałęzi w wyniku naturalnego procesu zaniku igliwia spowodowanego np. brakiem światła czy pozostawianiem jedynie ostatnich najmłodszych roczników igieł (Sierota, Małecka 1993, Wawrzoniak 2006). Na różnicę między defoliacją a przerzedzeniem zwrócono uwagę na początku lat 90. XX wieku w krajach skandynawskich, dokonując oceny kondycji naturalnych ekosystemów leśnych. Tam też ustalano typy przerzedzenia koron sosny i świerka. Badania w zakresie typów przerzedzenia koron prowadzone są również w Polsce i mają zastosowanie w monitoringu biologicznym (Jaszczak 2001). Również ocena stanu zanieczyszczenia powietrza atmosferycznego metodą defoliacji znajduje praktyczne zastosowanie w badaniach biomonitoringowych (Liwieńska, Wawrzoniak 2000). Na szczególne podkreślenie zasługuje

znaczenie badań monitoringowych w tym zakresie ze względu na wymóg metodyczny nakazujący stosowanie długich okresów pomiarów. Pozwala to na wyznaczenie pewnych trendów występujących w naturalnych ekosystemach leśnych (Socha, Ochał 2002). Inną zaletą tych badań jest możliwość wielokrotnego powtarzania obserwacji, co umożliwia włączanie nowych obszarów badawczych, ich poszerzanie lub zmiany zależne od nasilenia antropopresji. Efektem jest bieżące dostarczanie informacji o stanie badanego drzewostanu.

Warunki życia w mieście determinowane emisją spalin samochodowych, słabym przewietrzaniem wynikającym z braku korytarzy powietrznych, przy złym projektowaniu przestrzennym obszarów zurbanizowanych, są przyczynami pogarszających się warunków życia w mieście. Kontrolę stanu higieny powietrza umożliwia obserwacja defoliacji w zadrzewieniu śródmiejskim. Mogą być w tym celu wykorzystane drzewa naturalnie występujące w obrębie miasta oraz nasadzone w wyniku zagospodarowania.

Celem niniejszej pracy jest przedstawienie możliwości wykorzystania bioindykatorów do oceny zanieczyszczenia powietrza w mieście. Są to badania wstępne, które mają przybliżyć metodę oceny stanu środowiska w mieście na podstawie defoliacji, przy wykorzystaniu nasadzonych gatunków drzew iglastych. Cykliczność badań zapewni możliwość stałej kontroli stanu środowiska przy jednoczesnym wskazaniu wrażliwości bioindykacyjnej wytypowanych gatunków drzew.

2. Metodyka badań

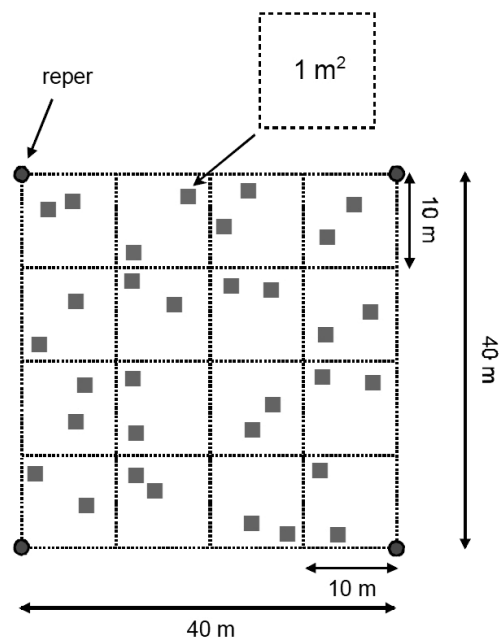
Za organizmy bioindykacyjne w prowadzonych badaniach uznano antropogeniczne nasadzenia drzew iglastych dwóch gatunków występujących na terenie miasta: świerk pospolity (*Picea abies* (L.) H. Karst) i sosna zwyczajna (*Pinus sylvestris* L.)

Obszar miasta podzielono na 9 kwadratów. Były to:
 I – Oś. Ślichowice: ul. Raciborskiego, ul. Massalskiego,
 II – Oś. Herby: ul. Helenówek, ul. Wronia,
 III – Oś. Szydłówek: ul. Warszawska, ul. Orkana,
 IV – Karczówka: ul. Bernardyńska, ul. Kalcytowa,
 V – Centrum, Park Miejski, Al. IX Wieków,
 VI – Oś. XXV-lecia: ul. Źródłowa, ul. Bohaterów Warszawy,
 VII – Kielce Białogon: ul. Krakowska, ul. Fabryczna,
 VIII – Oś. Baranówek: Park Kultury i Wypoczynku, ul. Pakosz,
 IX – Kielce Bukówka: ul. Hauke-Bosaka, ul. Wojska Polskiego.

W każdym kwadracie wyznaczono po dwie mniejsze kombinacje doświadczalne.

W każdej z nich wytypowano po 10 drzew stacjonarnych nasadzenia, należących do obydwu gatunków (ryc. 1).

Metodykę badań zaczerpnięto z założeń metodycznych stosowanych w Zintegrowanym Monitoringu Środowiska Przyrodniczego. Ze względu na silną antropopresję na obszarach zurbanizowanych została ona zmodyfikowana w zakresie częstotliwości pomiarów, które wykonywano w cyklu rocznym.



Ryc. 1. Rozmieszczenie punktów badawczych
 Fig. 1. Distribution of research points

Celem wykonania kompletnej dokumentacji sporządzono archiwum fotograficzne, zachowując w ten sposób materiał porównawczy dla kolejnych badań.

Ocenę defoliacji dokonywały dwie osoby w miesiącach od września do października. Aby uzyskać najlepszą wiarygodność wyników, obserwacje wykonywano przy pełnym świetle słonecznym, używając lornetki i zmieniając punkt oglądu koron. W ten sposób obaj obserwatorzy uzyskiwali zbliżone wyniki. Wybór drzew uwzględniał wiek (nie młodsze niż 20–40 lat). Ocena ograniczona była do części korony eksponowanej na światło. Wykorzystywano albumy fotograficzne z „wzorcami”, aby uniknąć zmian standardów oceny w czasie pomiarów, na co wskazują (Borecki, Keczynski 1992; Manual 2004). Dodatkowo dla każdego z monitorowanych drzew wykonano pomiary: pierśnicy, wysokość drzewa, wysokość i szerokość korony.

Oceny dokonywano według klasyfikacji zawartej w tabeli 1.

Tab. 1. Przedziały i klasy stopnia defoliacji stosowane w badaniach biomonitoringowych (Józwiak, Kozłowski 2010)

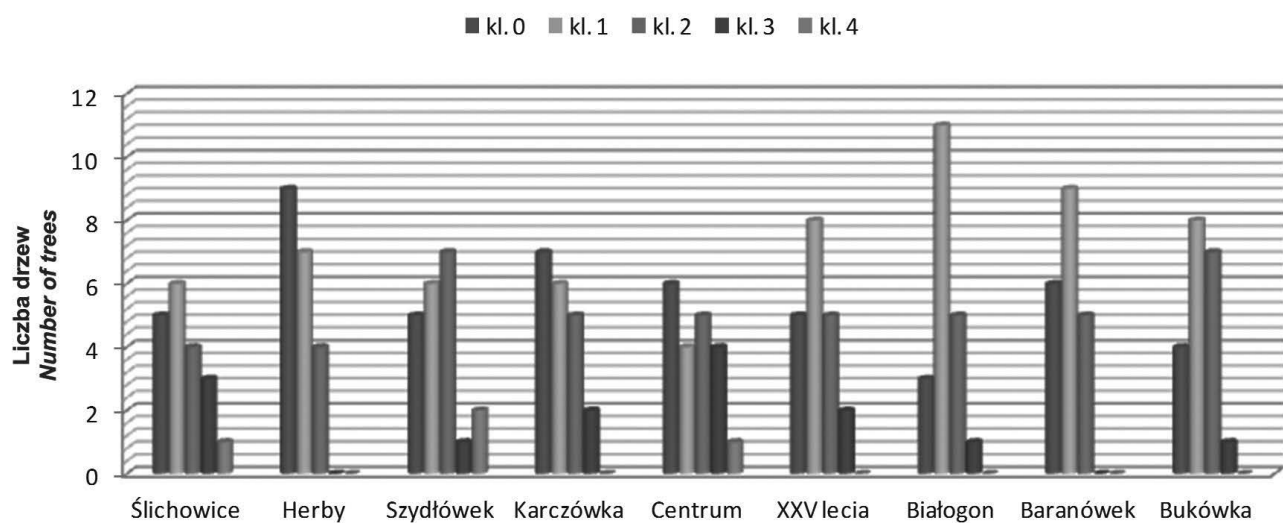
Tab. 1. The ranges and classes of the defoliation degree used in biomonitoring study (Józwiak, Kozłowski 2010)

Przedziały Range	Klasa Class	Stopień defoliacji Defoliation degree
0–10%	0	Bez defoliacji
11–25%	1	Lekka defoliacja
26–60%	2	Średnia defoliacja
60–99%	3	Duża defoliacja
100%	4	Drzewo martwe

3. Wyniki

W okresie od września do października 2013 roku przeprowadzono obserwacje 180 drzew zlokalizowanych na terenie Kielc, reprezentujących dwa gatunki: sosnę zwyczajną i świerka pospolitego. Wyniki badań przedstawiono w tabeli 2.

Największy procent stanowiły drzewa zakwalifikowane do 1 klasy (36,1%). Stopień defoliacji mieścił się w granicach od 11–25%. 26,1% stanowiły drzewa, u których stwierdzono ubytek organów asymilacyjnych w zakresie 26–60%. Bez defoliacji było 27,8%. Najwięcej drzew z defoliacją w klasie 3 i 4 stwierdzono w Centrum i na oś. Ślichowice (ryc. 2).



Ryc. 2. Klasy defoliacji w badanych punktach miasta

Fig. 2. Defoliation classes in the surveyed points in the city

Tab. 2. Wyniki badań defoliacji drzew w Kielcach

Tab. 2. Results of trees defoliation in Kielce

Lokalizacja powierzchni badawczej Location of area research	Liczba drzew Number of trees	Defoliacja Defoliation %	Klasa uszkodzenia Damage class
Oś. Ślichowice			
ul. Raciborskiego	1	100%	4 (drzewo martwe)
	2	60–99%	3 (duża defoliacja)
	2	26–60%	2 (średnia defoliacja)
	3	11–25%	1 (lekka defoliacja)
	3	0–10%	0 (bez defoliacji)
ul. Massalskiego	1	60–99%	3 (duża defoliacja)
	2	26–60%	2 (średnia defoliacja)
	3	11–25%	1 (lekka defoliacja)
	2	0–10%	0 (bez defoliacji)

Oś. Herby			
ul. Helenówek	4	26–60%	2 (średnia defoliacja)
	3	11–25%	1 (lekka defoliacja)
	3	0–10%	0 (bez defoliacji)
ul. Wronia	4	11–25%	1 (lekka defoliacja)
	6	0–10%	0 (bez defoliacji)
Oś. Szydłówek			
ul. Warszawska	2	100%	4 (drzewo martwe)
	1	60–99%	3 (duża defoliacja)
	4	26–60%	2 (średnia defoliacja)
	2	11–25%	1 (lekka defoliacja)
	2	0–10%	0 (bez defoliacji)
ul. Orkana	3	26–60%	2 (średnia defoliacja)
	4	11–25%	1 (lekka defoliacja)
	3	0–10%	0 (bez defoliacji)
Karczówka			
ul. Bernardyńska	1	60–99%	3 (duża defoliacja)
	3	26–60%	2 (średnia defoliacja)
	2	11–25%	1 (lekka defoliacja)
	4	0–10%	0 (bez defoliacji)
ul. Kalcytowa	1	60–99%	3 (duża defoliacja)
	2	26–60%	2 (średnia defoliacja)
	4	11–25%	1 (lekka defoliacja)
	3	0–10%	0 (bez defoliacji)
Centrum			
Park Miejski	3	26–60%	2 (średnia defoliacja)
	2	11–25%	1 (lekka defoliacja)
	5	0–10%	0 (bez defoliacji)
Al. IX Wieków	1	100%	4 (drzewo martwe)
	4	60–99%	3 (duża defoliacja)
	2	26–60%	2 (średnia defoliacja)
	2	11–25%	1 (lekka defoliacja)
	1	0–10%	0 (bez defoliacji)
Oś. XXV-lecia			
ul. Armii Czerwonej	1	60–99%	3 (duża defoliacja)
	3	26–60%	2 (średnia defoliacja)
	3	11–25%	1 (lekka defoliacja)
	3	0–10%	0 (bez defoliacji)
ul. Bohaterów Warszawy	1	60–99%	3 (duża defoliacja)
	2	26–60%	2 (średnia defoliacja)
	5	11–25%	1 (lekka defoliacja)
	2	0–10%	0 (bez defoliacji)
Białogon			
ul. Krakowska	1	60–99%	3 (duża defoliacja)
	3	26–60%	2 (średnia defoliacja)
	6	11–25%	1 (lekka defoliacja)

ul. Fabryczna	2	26 – 60%	2 (średnia defoliacja)
	5	11 -25%	1 (lekka defoliacja)
	3	0 – 10%	0 (bez defoliacji)
Oś. Baranówek			
Park Kultury i Wypoczynku	3	26–60%	2 (średnia defoliacja)
	3	11–25%	1 (lekka defoliacja)
	4	0–10%	0 (bez defoliacji)
ul. Pakosz	2	26–60%	2 (średnia defoliacja)
	6	11–25%	1 (lekka defoliacja)
	2	0–10%	0 (bez defoliacji)
Bukówka			
ul. Hauke-Bosaka	1	60–99%	3 (duża defoliacja)
	1	26–60%	2 (średnia defoliacja)
	4	11–25%	1 (lekka defoliacja)
	4	0–10%	0 (bez defoliacji)
ul. Wojska Polskiego	6	26–60%	2 (średnia defoliacja)
	4	11–25%	1 (lekka defoliacja)



Fot. 1. Przykład defoliacji w centrum Kielc (fot. M.A. Józwiak)
Photo 1. Example of defoliation In the Kielce center (photo M.A. Józwiak)

Analiza danych pozwala twierdzić, że ma to bezpośredni związek z transportem samochodowym. Na osiedlu Ślichowice, ze względu na dużą liczbę mieszkańców, koncentruje się duża ilość samochodów, które wpływają na zanieczyszczenie powietrza. Stwarza to trudne warunki edaficzne dla drzew. Podobnie w Centrum, głównie na ul. IX Wieków Kielc, która stanowi łącznik między zachodnią i wschodnią częścią miasta, obciążenie ruchem samochodowym jest bardzo duże.

4. Zakończenie

Ocena stopnia defoliacji drzewa jest bardzo trudna ze względu na subiektywizm obserwatora, dlatego precyzyjne określenie, kiedy drzewo powinno być uważane za uszkodzone bywa kontrowersyjne. Z badań i prac pomiarowych prowadzonych w ostatnich latach można wnioskować, że utrata 20–25% organów asymilacyjnych nie musi oznaczać osłabienia żywotności. Drzewa iglaste regulują ilość swoich szpilek nie tylko w wyniku oddziaływujących na nie zanieczyszczeń atmosferycznych, ale także stosownie do dostępu wilgo-

ci, składników pokarmowych lub jako odpowiedź na korzystne lub niekorzystne warunki atmosferyczne. Drzewa zdolne są zastępować część utraconego igliwia nowym lub rekompensować braki w igliwiu przez redukcję wzrostu. Wziąwszy powyższe pod uwagę klasa 1 defoliacji najczęściej jest uważana za wczesny sygnał ostrzegawczy, nie wskazując na zmniejszenia żywotności drzewa. W przeprowadzonych na terenie Kielc badaniach stwierdzono 36,1% drzew w 1 klasie defoliacji. Dużą i średnią defoliację (2 i 3 klasa) stwierdzono na 33,9% badanych drzew. Świadczy to o złych warunkach sanitarnych i dużym zanieczyszczeniu powietrza (Jaszczak 2001, Jaszczak, Magnuski 2002). Wynik ten wskazuje na długotrwałe działanie stężeń dwutlenku siarki, tlenków azotu, ozonu i innych zanieczyszczeń. Wywołuje to zakłócenia w metabolizmie drzew oraz osłabienie ich odporności. Należy jednak zauważyć, że nie tylko zanieczyszczone powietrze atmosferyczne ma wpływ na funkcjonowanie aparatu asymilacyjnego. Istotną rolę odgrywają także kwaśne deszcze, które powodują kumulację szkodliwych substancji w glebie i wymywanie pierwiastków, takich jak: Mg, K i Ca (Wójcik 2001). Warunki takie uaktywniają toksyczne jony glinu i metali ciężkich i obumieranie drobnych korzeni. W sytuacji skażenia gleby oraz osłabienia drzew, którego efektem są między innymi zakłócenia transportu węglowodanów do korzeni może nastąpić również rozpad związków mikoryzowych, co w efekcie skutkuje redukcją wzrostu i zwiększoną podatnością na patogeny (Kieliszewska-Rokicka i in. 1994).

5. Literatura

- Borecki T., Keczyński A., 1992:** *Atlas ubytku aparatu asymilacyjnego drzew leśnych*. Generalna Dyrekcja Lasów Państwowych, Agencja Reklamowa „Atut”, Warszawa, 1–48.
- Jaszczak R., 2001:** *Zmiana defoliacji koron i przemieszczanie się drzew sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.) między stopniami przerzedzenia*. Sylwan CXLV (2): 15–26.
- Jaszczak R., Magnuski K., 2002:** *Biometryczne cechy drzewostanów sosnowych rosnących w warunkach stresu jako kryterium ich kondycji życiowej*. W: R. Siwecki (red.), *Reakcje Biologiczne Drzew na Zanieczyszczenia Przemysłowe*. Poznań–Kórnik, 29.05 – 1.06.2001. Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Poznań, t. 2: 449–456.
- Jóźwiak M, Kozłowski R., 2010: *Zintegrowany Monitoring Środowiska Przyrodniczego*. Wydawnic-
- two Uniwersytetu Humanistyczno-Przyrodniczego Jana Kochanowskiego. Kielce, 1–108.
- Kieliszewska-Rokicka B., Rudawska M., Leski T., 1994:** *Influence of aluminium on growth of mycelia and acid phosphatase activity of ectomycorrhizal symbionts of Scots pine*. In: Siwecki, R., *Biological reactions of trees to industrial pollution*. Material from the 3rd National Symposium; 1994 May 23–25. Poznan-Kornik.
- Lech P., Sierota Z., Malecka M., 1994:** *Zróżnicowanie zagrożenia środowiska leśnego w Polsce w 1994 roku*. Notatnik Naukowy IBL, 1(30): 1–6.
- Liwińska A., Wawrzoniak J. 2000:** *Poziom depozytu zanieczyszczeń na terenach leśnych w Polsce w 1996 roku. Funkcjonowanie i monitoring ekosystemów z uwzględnieniem lokalnych problemów ekologicznych*. Komitet Naukowy przy prezydium PAN „Człowiek i Środowisko”, Zeszyty Naukowe, Warszawa 25: 25–34
- Manual 2004: *Manual on methodologies and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests*. Part II. Visual.
- Assessment of Crown Conditions. Udatet 06/2004.
- Sierota Z., Malecka M., 1993:** *Ocena stanu środowiska leśnego na podstawie względnego wskaźnika zagrożenia (WWZ)*. Prace IBL, B, 17: 15–22.
- Socha J., Ochał W., 2002:** *Tendencja wzrostowa wierzchołka i stopień defoliacji koron drzew w drzewostanach sosnowych wznoszących w wybranych rejonach przemysłowych Polski południowej*. Sylwan 5: 53–60.
- Wawrzoniak J., Pluciak M., Małachowska J., 1999:** *Statystyczna ocena zgodności szacunków defoliacji drzew próbnych na stałych powierzchniach obserwacyjnych monitoringu lasu*. Prace IBL, A: 866–872.
- Wawrzoniak J., 2006:** *Stan uszkodzenia lasów w Polsce w 2005 roku na podstawie badań monitoringowych*. IBL, Prace Instytutu Badawczego Leśnictwa. Seria C. Warszawa, 1–34.
- Wójcik J., 2001:** *Potas i magnez w glebach leśnych Polski pod drzewostanami sosnowymi*. Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych, 480: 45–56.

ABILITY TO ASSESS THE STATE
OF THE ATMOSPHERIC AIR
UNDER DEFOLIATION IN THE CITIES
ON THE EXAMPLE OF KIELCE

Summary

Air pollution control can be conducted with the use of indicative organisms known as bioindicators. The features of such organisms are manifested by coniferous trees. Using them as bioindicators is possible thanks to the well-known biology of family species, various biotopes inhabited by them, including urban areas and high reactivity to dynamics of chemical composition of air. The conditions of the life in the city determined by fumes emission, poor ventilation which is the result of the lack of air corridors because of the faulty spatial design of the urban are the causes of deteriorating living conditions in the city. Inspection of air hygiene allows observation of defoliation in the planting of downtown. Such studies were performed in the city of Kielce. Information obtained on this basis helped to identify areas of the city with different degrees of air pollution and it has become the material used to design routes and human settlements. The study was conducted with the use of two tree species most frequently occurring in the city: spruce (*Picea abies* (L.) H. Karst) and ordinary pine (*Pinus sylvestris* L.) Nine urban settlements have been marked out estimating the degree of defoliation on 20 randomly selected trees. The greatest damage was reported on the estate Ślichowice and city center where there were also dead trees. In the conducted research in Kielce found 36,1% of trees in defoliation class 1. High and average defoliation (class 2 and 3) were found on 33,9% of the trees. This demonstrates the poor sanitary conditions and high air pollution.