

Porosty jako wskaźnik oceny zmian stanu środowiska leśnego

dr Małgorzata Falencka-Jabłońska
Zakład Ekologii Lasu
Instytut Badawczy Leśnictwa
falenckm@ibles.waw.pl

Antropopresja to proces, którego skutki są dalekosiężne, a jego wpływ na ekosystemy leśne o złożonej strukturze należy badać przez wiele lat. Chcąc skutecznie przeciwdziałać następstwom intensywnej eksploatacji zasobów przyrody przez człowieka konieczne są interdyscyplinarne oceny ekspertów wielu dziedzin nauki. Lasy i ich funkcjonowanie w warunkach kumulacji emisji przemysłowych były od dawna oparte na bezpośrednich lub pośrednich obserwacjach wpływu szkodliwych zanieczyszczeń na roślinność. Już w XIX w. stwierdzono, że stopień „zakwaszania kompleksów leśnych”, a w konsekwencji uszkodzenia drzewostanów, zależy od częstości mgieł i mżawek oraz położenia i odległości od źródła zanieczyszczeń.

Pierwsze publikacje na ten temat ukazały się w Anglii, gdzie sformułowano też pojęcie tzw. kwaśnego deszczu. Naukowcy na podstawie badań w latach 60. XIX w. wykazali, że stężenie toksycznych związków w deszczu spada wraz z wielkością i intensywnością opadów.



Ryc. 1. „Kozienice” – największa w Polsce elektrownia opalana węglem kamiennym

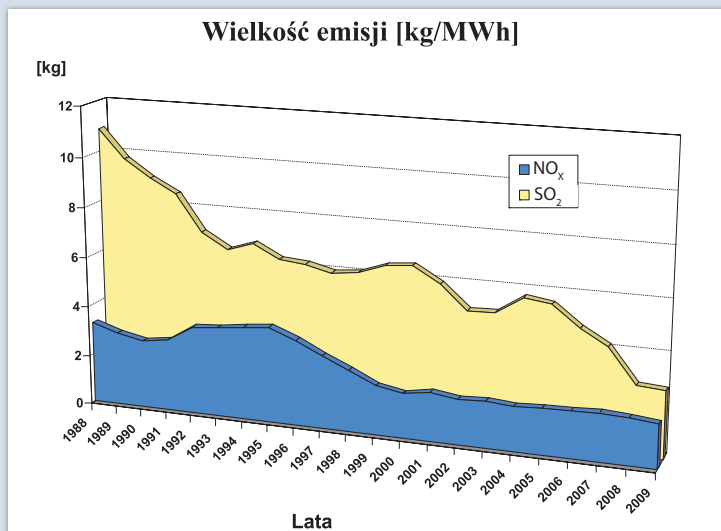
W Polsce pierwsze wzmianki o szkodach leśnych wywołanych emisjami przemysłowymi pochodzą z okresu międzywojennego. Zainteresowanie tą problematyką nastąpiło dopiero po II wojnie światowej, gdy zwiększyła się znacznie skala zagrożenia kompleksów leśnych. Do rzadkości należą jednak nawet dziś wieloaspektowe, cykliczne badania zmian i szczegółowe oceny czynników biotycznych oraz abiotycznych środowiska w zasięgu oddziaływania emisji przemysłowych.

Szczególne znaczenie mają więc wyniki ponad 38-letnich badań Zakładu Ekologii i Ochrony Środowiska (obecnie Ekologii Lasu) IBL, rozpoczęte od stanu zerowego – przed uruchomieniem Elektrowni „Kozienice”. Jest to elektrownia o łącznej mocy 2680 MGW (**ryc. 1**).

Porównanie wielkości emisji SO_2 i NO_x w ostatnich 20 latach w przeliczeniu na produkcję 1 MGh wskazuje, że emisja SO_2 w 1988 r. wynosiła 10,9 kg, w 1998 r. – 6,04 kg, a w 2008 r. – 2,76 kg. Natomiast emisja NO_x wynosiła odpowiednio: w 1988 r. – 3,27 kg, w 1998 r. – 2,45 kg, a w 2008 r. – 1,85 kg (**ryc. 2**). Dane te świadczą o blisko 4-krotnym spadku ilości SO_2 i około 2-krotnym obniżeniu emisji ilości NO_x . To odzwierciedla wdrażanie przez ten zakład nowoczesnych technologii, ograniczających negatywny wpływ na środowisko przyrodnicze.

Szczególne jego oceny prowadzone są systematycznie na 1-hektarowych powierzchniach borów sosnowych położonych na obszarze o dominującym kierunku wiatrów (zgodnie z różą wiatrów w latach 1970-2005) w różnej odległości od emitorów, czyli w trzech strefach zagrożenia oddziaływaniem emisji elektrowni:

- **III strefa** – odległość 1,8-2,0 km od emitorów; **Nadleśnictwo Kozienice, leśnictwo Świerże Górne**, oddz. 26 h (drzewostan w wieku 74 lat) oraz oddz. 83 a (drzewostan w wieku 127 lat),
- **II strefa** – odległość 9-12 km od emitorów; **Nadleśnictwo Garwolin, leśnictwo Małamówka**, oddz. 154 d (drzewostan w wieku 116 lat) i oddz. 155 b (drzewostan w wieku 62 lat),



Ryc. 2. Wielkość emisji NO_x i SO_2 w Elektrowni „Kozienice” w latach 1988-2009

- **I strefa** – odległość 16-18 km od emitorów; **Nadleśnictwo Garwolin, leśnictwo Życzyn**, oddz. 125 b (drzewostan w wieku 94 lat) i oddz. 124 a (drzewostan w wieku 69 lat).

W latach 2007-2009 w ramach współpracy z Uniwersytetem w Białymstoku przeprowadzono inwentaryzację porostów oraz ocenę ich zróżnicowania morfologicznego. Jednocześnie

zmierzono aktywność życiową przedstawiciela tej grupy taksonomicznej – pustułki pęcherzykowatej [*Hypogymnia physodes* (L.) Nyl.], najbardziej rozpowszechnionego w Polsce porostu listkowego (ryc. 3). Ma on dużą tolerancję względem warunków świetlnych i występuje na różnym podłożu (kora drzew i krzewów, martwe drewno, skały). Kolonizuje on również substraty wprowadzane do środowiska przez człowieka, takie jak: beton, plastik, metal, papa, skóra.

Porosty są bioindykatorami stanu zanieczyszczenia środowiska, gdyż ich procesy fizjologiczne uzależnione są od wody opadowej. Jako pierwsze więc reagują na stopień zanieczyszczenia powietrza. Ponadto w odróżnieniu od roślin naczyniowych są one aktywne w zimie, gdy poziom zanieczyszczeń w powietrzu jest zdecydowanie wyższy (sezon grzewczy).



Ryc. 3. Najbardziej rozpowszechniony w Polsce porost listkowy – pustułka pęcherzykowata

Materiał i metody

Badania i szczegółowe analizy przeprowadzono w październiku podczas trzech sezonów wegetacyjnych. Na każdej powierzchni dokonano rejestracji wszystkich obecnych gatunków porostów, ich rozmieszczenia i ilości. Oceniono też stopień uszkodzenia plechy.

Pobrano z kory sosny po 10 plech pustułki pęcherzykowatej z obrzeży i środka każdej powierzchni badawczej trzech stref zagrożenia. Kondycję plech porostów mierzono aktywnością życiową fotobionta – glonu *Trebouzia* sp. Kolejnym etapem było umieszczenie próby na szkiełku podstawowym i zmacerowanie w kropli 1-2% roztworu KOH. Następnie policzono komórki fotobionta. Za komórki żywe uznano te o nieuszkodzonych ścianach komórkowych oraz mające dobrze wykształcony i centralnie umieszczony chromatofor. Natomiast za uszkodzone uznano te o niekształconym, w znacznym stopniu odbarwionym chromatoforze, a za martwe te, które były pozbawione chromatoforu. Średnią wyliczono dla każdej próby z 16 powtórzeń.

Analiza wyników

Inwentaryzacja terenowa wykazała ogółem obecność 37 gatunków porostów, wśród których dominowały zdecydowanie dwa rodzaje: *Cladonia* – 12 gatunków i *Lecanora* – 5 gatunków. Nomenklaturę porostów przyjęto zgodnie z Fałtynowicz (2003).

Spośród zarejestrowanych gatunków 9 znajduje się na regionalnej „Czerwonej liście gatunków zagrożonych”, 2 na „Czerwonej liście porostów wymarłych i zagrożonych w Polsce”, a 11 z ogólnej liczby należy do gatunków objętych ochroną (Dz. U. Nr 106 poz. 1167). Gatunki chronione i zagrożone wymarciem stwierdzone na powierzchniach badawczych w Puszczy Kozienickiej, to: *Cetraria chlorophylla* (Willd.), *Cetraria islandica* (L.), *Chaenotheca ferruginea* (Turner ex Sm.), *Evernia prunastri* (L.), *Graphis scripta* (L.), *Imshaugia aleurites* (Ach.), *Parmeliopsis ambigua* (Wulfen in Jacq.), *Pseudevernia*

furfuracea (L.), *Usnea hirta* (L.), *Melanelia fuliginosa* (Fr. ex Duby), *Cladonia ciliata* (Stirt.), *Cladonia mitis* (SandsT.) i *Cladonia rangiferina* (L.).

Wśród gatunków chronionych i zagrożonych dominują porosty nadrzewne. Odnotowane porosty reprezentują wszystkie ich formy morfologiczne, a największy udział (20 gatunków) mają przedstawiciele grupy wielkoplechowych, krzaczkowatych i listkowatych, które stanowią 54%.

25 gatunków to porosty nadrzewne, z których 17 występowało na sosnach, a na poszczególnych powierzchniach badawczych na ich korze odnotowano 7-15 gatunków. Na korze dębów na powierzchniach II i I strefy stwierdzono 2-8 gatunków porostów. Odnotowano 15 gatunków porostów związanych z martwym drewnem. Były to głównie chrobotki (*Cladonia*), których obecność stwierdzono na wszystkich powierzchniach. Natomiast porosty naziemne występowały sporadycznie, a największy ich udział był w młodszym drzewostanie II strefy zagrożenia.

Ocena kondycji plech pustułki pęcherzykowatej na podstawie aktywności fotobionta wykazała, że we wszystkich pobranych próbach były obecne uszkodzone i martwe komórki. Jednak udział komórek martwych był zróżnicowany i tak najlepszą kondycją, czyli najniższym ich udziałem, wyróżniły się plechy w starszym drzewostanie sosnowym położonym najbliżej emitatorów – średnio 7,7%. Największy ich udział (średnio 15,3%) został stwierdzony w starszym drzewostanie położonym najdalej od emitatorów.

Na wszystkich powierzchniach badawczych dominowały porosty o szerokiej amplitudzie ekologicznej. Mają one dużą plastyczność i wysoką tolerancję na zmienne warunki środowiska oraz czynniki antropogeniczne. Na plechach tych gatunków często widoczne są nekrozy oraz przebarwienia i zniekształcenia morfologiczne, a większość z nich nie osiąga pełnych swych rozmiarów.

Największa liczba gatunków porostów i ich zróżnicowanie występowało w drzewostanach starszych. W starszym drzewostanie II strefy zagrożenia stwierdzono na jednej z sosen 6 młodych, rozwijających się osobników brodaczkki kępkowej [*Usnea hirta* (L.) Weber ex F.H. Wigg.], plechy ich były prawidłowo wykształcone i nie wykazywały niekorzystnych zmian morfologicznych. Występuje ona głównie na korze sosen w prześwietlonych borach. Należy ona do kategorii gatunków zagrożonych i chronionych. Fakt ten może świadczyć o powrocie na tereny pozostające w zasięgu oddziaływania Elektrowni „Kozienice” rzadkich, bardziej wymagających porostów.

Wnioski

Na podstawie przeprowadzonych badań można stwierdzić, że:

- skład gatunkowy porostów zarejestrowanych w trzech strefach oddziaływania Elektrowni „Kozienice” i ich wymagania ekologiczne są odzwierciedleniem dynamiki zmian ekosystemów leśnych oraz stopnia koncentracji SO_2 i NO_x ,
- w trzech strefach oddziaływania emisji przemysłowych kondycja plech *Hypogymnia physodes* jest obniżona, jednak najbardziej niekorzystne zmiany widoczne są w I strefie zagrożenia, w odległości kilkunastu kilometrów od emitatorów,
- skład gatunkowy i obecność porostów o większych wymaganiach siedliskowych oraz gatunków zagrożonych z „Czerwonej listy porostów wymarłych i zagrożonych w Polsce” dowodzą, że szczegółowe cykliczne obserwacje z uwzględnieniem tych bioindykatorów umożliwią odpowiedni dobór metod gospodarki leśnej na terenach przemysłowych.