



Zanieczyszczenia powietrza jako element oddziaływań na zmiany ekologiczne w ekosystemach

Leszek Rogalski¹

Mądrość odpowiednią dla naszych czasów nazywam mądrością ekologiczną; wartości, które ją wyrażają nazywam wartościami ekologicznymi. Strategie i taktyki właściwego rozwoju, z którego korzystają wszyscy, a przynajmniej, opierają się na mądrości ekologicznej, a zatem i na ekologicznych wartościach. Dążenie do rozwoju rewerencyjnego jest zatem tożsame z dążeniem do wartości ekologicznych i ekologicznej mądrości.

Henryk Skolimowski

WSTĘP

Powietrze wraz z wodą i ziemią stanowią najważniejsze elementy środowiska naturalnego, określane żywiołami. Środowiska, rozumianego jako pierwotnego, w naturalnym stanie czystości, wypełnionego biosferą. Zajmując się tylko powietrzem trzeba jednak zauważyć, że i w warunkach naturalnych tzn. klasyczny udział składników stałych „od zawsze” był naruszany dopływem różnych domieszek gazowych, pyłowych, mikrobiologicznych i in., pochodzących ze źródeł naturalnych. Z chwilą zaś pojawienia się działalności człowieka ten dopływ zanieczyszczeń nasilił się, począwszy od czasów ognisk pitekanropa w sławnych jaskiniach Czu-Ku-Tien koło Pekinu, poprzez paleniska domowe, kotłownie lokalne, ciepłownie do elektrociepłowni i elektrowni włącznie. Szczególnie w wiekach XVIII-XX masowy rozwój przemysłu i wzrastające zaludnienie w okręgach uprzemysłowionych, sprzyjały nadmiernemu zanieczyszczeniu powietrza atmosferycznego. Wpływ tych zanieczyszczeń objawił się różnymi ujemnymi skutkami w biosferze, w oddziaływaniu na florę, faunę i samego człowieka.

Wyróżniamy różne stany powietrza, jak: parne, duszne, wilgotne, suche, czyste, świeże, chore (nadmiernie zanieczyszczone chorobotwórczymi mikroorganizmami) itp. Człowiek, w różnych stanach słabości, woła o dostęp do czystego, świeżego powietrza. Rośliny i zwierzęta przystosowane do warunków tlenowych, w skrajnych momentach, można przypuszczać, że też „wołają”, ale ich wołanie jest „nieme”, nie dociera do człowieka, co w dalszej kolejności doprowadza do giniecia osobników, gatunków lub całych zbiorowisk. Proces oddychania jest typowy nie tylko dla człowieka i zwierząt, ale również i dla roślin. Z wdychanym powietrzem pobierany jest

¹ Prof. dr hab., Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie. Katedra Ochrony Powietrza i Toksykologii Środowiska.

tlen służący do stopniowego spalania pokarmów, z których w konsekwencji powstaje dwutlenek węgla i woda, a jednocześnie uwalniana jest energia. Energia ta z kolei jest wszechstronnie użyteczna do funkcjonowania organizmu, jego ogrzewania i do wszystkiego tego, co składa się na zjawisko zwane *życiem*. Proces oddychania dostarcza energii niezależnie od zjawiska fotosyntezy. Funkcjonują również rośliny nie posiadające zielonego barwnika.

Wszelkie organizmy bronią się przed różnymi stresami w środowiskach ich bytowania. Jednak niektóre stresy są trudne do przetrwania nawet dla najodporniejszych organizmów. Przede wszystkim trudne do pokonania są nagłe zmiany zachodzące w środowisku pod wpływem występujących zanieczyszczeń środowiska glebowego, wodnego lub powietrznego. Te ostatnie mogą pochodzić ze źródeł naturalnych (np. wybuchów wulkanów) lub mogą powstawać w wyniku działalności człowieka (np. emisja ze spalania różnych paliw) i te ostatnie szczególnie nasilały się w poprzednim wieku. Organizmy roślinne, a także zwierzęce, nie były w stanie zaadaptować się do tak gwałtownych zmian, w tak krótkim czasie i tym samym wykazują słabsze reakcje ochronne na stresy oraz są bardziej podatne na ustępowanie z określonego środowiska bądź całkowite wyginiecie.

Mając na uwadze różne uwarunkowania oddziaływania zanieczyszczeń powietrza na środowisko życia organizmów, celem niniejszego opracowania jest wskazanie na wiele wątków uzależniających funkcjonowanie organizmów od zanieczyszczeń występujących w powietrzu atmosferycznym.

ZNACZENIE TERMINU „EKOLOGIA”

Termin „ekologia” pochodzi od greckich słów: *oikos*, co oznacza dom, gospodarstwo, miejsce życia i *logos* – słowo, nauka. Jak podaje Wille¹ – ekologia „dosłownie oznacza naukę o organizmach w ich domu, w ich rodzimych środowiskach”. Zajmuje się biologią całych grup organizmów i powiązaniem tych grup ze środowiskiem, w którym żyją. Wille¹ definiuje, że ekologia, wyłoniona z nauk przyrodniczych, jest nauką o współzależnościach zachodzących między żywymi organizmami, a otaczającym je fizycznym i biotycznym środowiskiem.

Jakkolwiek termin *ekologia*, jako nazwa nauki, po raz pierwszy został użyty w 1869 r. przez niemieckiego biologa Haeckla, to jednak już u starożytnych myślicieli, jak Hipokratesa czy Arystotelesa, pojawiła się świadomość związków zachodzących pomiędzy organizmami, a środowiskiem o charakterze ekologicznym².

W latach późniejszych występowały różne przejawy praktycznych poczynań, od będących odpowiednikiem ekologii stosowanej, jak np. u zakonników Franciszka z Asyżu i Rogera Bacona w XIII wieku, po studiowanie i prowadzenie badań przez wielu uczonych, w zakresie nauk przyrodniczych, które dziś są oceniane jako istotne w zagadnieniach ekologii².

Spośród wielu znakomitych osób, które zajmowały się zagadnieniami ekologii w latach późniejszych, należy wskazać chociaż na tych uczonych, którzy odegrali dużą rolę naukową o znaczeniu, co najmniej, przełomowym w poznawaniu uwarunkowań zachodzących w środowiskach przyrodniczych. Są to przede wszystkim osoby i towarzyszące im zdarzenia, jak:²

- A. Leeuwenhock (1632-1726) – prekursor badań demograficznych populacji zwierząt.

- E. Clements w 1905 r. wydał podręcznik pt. *Metody badań w ekologii*.
- A. Tanslej – z jego inspiracji w 1913 r. w Wielkiej Brytanii założono pierwsze na świecie Towarzystwo Ekologiczne.
- W XX wieku na początku lat 20 w pracach socjologów amerykańskich pojawiło się pojęcie *ekologia człowieka*. Było ono związane z ich zainteresowaniem społecznymi rezultatami procesów związanych z uprzemysłowieniem i urbanizacją.
- W połowie lat 20, gdy lawinowo powstawały ekologiczne placówki badawcze biologów, w Polsce powstała wtedy, założona przez A. Lityńskiego (1880-1944), stacja hydrologiczna na Wigrach. Termin *ekologia* wszedł na trwałe do słownika nauk humanistycznych i utrwalił się, oprócz biologii, także w socjologii, psychologii i innych naukach.

Jednocześnie umacniający się antropocentryzm, rozwój przemysłu i technosfery, dynamika antropopresji itp. powodowały nadmierną ingerencję człowieka w prawa przyrody. Występujące zagrożenia i zniszczenia w środowisku, doprowadzające do katastrof ekologicznych, skłoniły przede wszystkim ludzi nauki do podejmowania odpowiednich przedsięwzięć zaradczych. Tak też doszło do zwołania II Konferencji ONZ tzn. Szczytu Ziemi nt. *Środowisko i rozwój*. Opracowana Deklaracja w 1992 r wprowadziła pojęcie *nowej ery ekologicznej*, której podstawową zasadą jest to, że „istoty ludzkie mają prawo do zdrowego i twórczego życia w harmonii z przyrodą”.³

Uczestniczący w Szczycie Ziemi przedstawiciele większości państw przyjęli zobowiązanie ograniczania emisji gazów powstających ze spalania różnych paliw i szkodliwie oddziałujących na klimat. Konsekwencją powyższej były dalsze konferencje – Ramowa Konferencja Klimatyczna (Berlin 1995) oraz III Konferencja ONZ (Nowy Jork 1997), umacniające ogólnosiwiatowe działania dotyczące ochrony atmosfery.

Ekologia czy ochrona środowiska

Ekologia, która jest dziedziną łączącą różne poziomy organizacji biologicznej, powinna odgrywać decydującą rolę w integrowaniu rozwijających się nowych, interdyscyplinarnych badań niezbędnych w rozwiązywaniu skomplikowanych problemów środowiskowych. W tymże rozwiązywaniu niezbędne jest myślenie ekologiczne². Zasadnicze, powszechnie uznane, znaczenie terminu *ekologia* odnosi się do całego środowiska, w którym żyjemy. Stąd też w wielu przypadkach *ekologia* utożsamiana jest z badaniem jedności człowieka ze środowiskiem. Zdaniem Kalinowskiej² ekologia nie jest synonimem „ochrony środowiska”. Ochrona środowiska jest praktyczną działalnością organizacyjną, techniczną, prawną czy finansową, zorientowaną na potrzeby człowieka. Skuteczna ochrona środowiska musi jednak respektować zasady ekologii, być im podporządkowana ale sama w sobie nauką nie jest. Ochrona środowiska stanowi natomiast ogromne wyzwanie dla ekologów.

Zbliżone stanowisko, ale bardziej pojednawcze, w stosunku do powyższego, prezentuje Lisiecka⁴ podając, że ekolodzy badając relacje między organizmami żywymi w określonym środowisku przyrodniczym, zauważają zmienność warunków siedliskowych powodowanych niekiedy przemianami cywilizacyjnymi. W następstwie powstają przeobrażenia w przyrodzie, a niekiedy jej niszczenie. Dlatego też w tezach wypracowanych przez ekologów występuje konieczność ograniczenia inge-

rencji człowieka w naturalne układy przyrodnicze. W tym sensie ekologia może być postrzegana jako nauka dążąca do ochrony środowiska przyrodniczego. Jednak owa troska nie jest głównym zadaniem ekologii ale tylko konsekwencją wypracowanych przez nią twierdzeń.

Umiński⁵ natomiast zauważa, że terminy *ekologia*, *ochrona środowiska* bywają używane zamiennie w języku potocznym, jak i wśród wielu przyrodników, którzy uważają, że jest to kwestia wtórna i niewiele znacząca, a nawet możliwa do zaakceptowania. Zatem wg Umińskiego termin *ekologia* ma podwójne znaczenie. Po pierwsze oznacza naukę o relacjach zachodzących w ekosystemie, po drugie zaś ochronę środowiska. Autor zauważa też, że zżymanie się wielu naukowców na to podwójne rozumienie nic już nie pomoże, bowiem to drugie znaczenie ekologii już się powszechnie przyjęło i stało się bardzo modne, a nawet jest nadużywane. Termin *ekologia* używany w sensie ochrony środowiska naturalnego ma swoje podłoże w powstawaniu licznych zrzeszeń, organizacji i ruchów społecznych, które taką ochronę przewidują w swoim działaniu.

Powyższe sugeruje, że *ekologia* została jak gdyby wciągnięta do przeciwstawiania się zanieczyszczeniu środowiska naturalnego i jego degradacji, ograniczania lub wykluczania wpływu chemii i wszystkiego tego, co w sztucznych warunkach zostało osiągnięte itp. Nazywanie np. wielu produktów ekologicznymi lub określanie działalności, jako ekologiczna, wprowadziło wiele zamieszania w rozumieniu pojęcia. Podjęte jednak rozważania doprowadziły do tego, że to co do tej pory określano jako działania ekologiczne, znalazło trafniejszą nazwę i jest już w większości postrzegane jako *przyjazne środowisku*. Zatem dotychczasowe używanie terminu *ekologia*, w znaczeniu ochrona środowiska, upowszechniło się w sferze pozanaukowej, na potrzeby konkurencji handlowej, propagandy politycznej, eksponowania pozycji człowieka itp. Trzeba jednak dodać, że w wielu działaniach nie da się jednoznacznie odgraniczyć ochrony przyrody od ochrony środowiska. Niektóre postępowania nakładają się. I tak⁶ naczelnym celem obu omawianych kierunków i wszelkich działań naukowych oraz społecznych jest *zrównoważony rozwój* naturalnych obiektów przyrodniczych i wytworów cywilizacji ludzkiej. Osiągnięcia ekologii są podstawą ochrony przyrody i w znacznym stopniu ochrony środowiska. Sama jednak ekologia tylko w pewnym zakresie zajmuje się ochroną przyrody i środowiska. W żadnym jednak razie nie powinno się traktować ochrony przyrody i środowiska jako synonimów ekologii.

W naukach przyrodniczych wyodrębnia się natomiast taką naukę, dla której ochrona przyrody jest zadaniem głównym. Jest to *sozologia*. Pojęcie to do terminologii naukowej wprowadził W. Goetel w 1965 r. Podając za Dołęgą⁷ *sozologia jest nauką o systemowej ochronie biosfery przed destrukcyjnym oddziaływaniem antroposfery*.

Reasumując, w nauce *ekologia* powinna pozostawać w swoim znaczeniu tzn. tą nauką, która rozpoznaje, bada i określa wzajemne zależności zachodzące pomiędzy organizmami oraz ich związki ze środowiskiem, w którym żyją. Występujący natomiast w powszechnym ujęciu przymiotnik *ekologiczny* niech zostanie zarezerwowany na określenie wszystkich tych działań, przedmiotów i sposobów myślenia, które są przyjazne przyrodzie i zdrowiu, zgodnie z naturą i zapewniające trwałość zasobów naszej planety².

Nieco inaczej należy spojrzeć na pojęcie *ekologia człowieka*. Jest ono zdefiniowane następująco: *nauka o materialnych, energetycznych i informacyjnych uwarunkowaniach liczebności i rozmieszczenia populacji ludzkich*⁶.

Według Malinowskiego⁸ ekologia człowieka zajmuje się badaniem powiązań między genetycznie uwarunkowanymi właściwościami biologicznymi człowieka, a czynnikami środowiska zewnętrznego w jego rozwoju rodowym (filogeneza) i osobniczym (ontogeneza). Podając za Wyrostkiewiczem⁹ człowiek chociaż inteligentny i przez to lepiej zorganizowany niż inne istoty, jest przede wszystkim jednym z wielu organizmów żyjących w przyrodzie. Populacje ludzkie są postrzegane jako elementy większych ekosystemów i biocenoz.

Środowisko, w ekologii człowieka, to nie tylko przyroda¹⁰. Tworzą go trzy podstawowe obszary:

- o sfera przyrodnicza z uwarunkowaniami fizycznymi, biologicznymi i chemicznymi,
- o narzędzia pracy i środki zaspokajania potrzeb życiowych (technosfera),
- o formy więzi i relacje życiowe jednostek, a także grup społecznych (socjosfera).

Jest wiele definicji, koncepcji, poglądów i różnych sądów na temat ekologii człowieka. Podejmując tę tematykę tylko zaakcentowano jej ważność i jednocześnie wskazano, że jest to również nauka z pogranicza ekologii i innych dziedzin wiedzy, jak: antropologia, biologia, medycyna, nauki techniczne itp.

AEROSFERA I JEJ ZANIECZYSZCZENIA

W języku greckim *aeros* = *powietrze*. W wyrazach złożonych przedrostek *aero* wykazuje różny związek znaczeniowy z powietrzem. Aerosfera – warstwa powietrza otaczająca kulę ziemską do pewnej wysokości w ramach atmosfery ziemskiej. A oto kilka innych znaczeń¹¹,

- aerobiologia – dział biologii zajmujący się występowaniem i oddziaływaniem na człowieka mikroorganizmów pochodzących spoza Ziemi,
- aerobioza – biologiczne życie w środowisku zawierającym wolny tlen,
- aeroby – biologicznie organizmy mogące żyć i rozwijać się jedynie w obecności tlenu atmosferycznego.

Aerosfera, będąca odpowiednikiem litosfery i hydrosfery, według Zarzyckiego⁸, obejmuje najniższą warstwę atmosfery tzw. troposferę z niewielką częścią stratosfery – do wysokości około 22 km. Jest to zatem warstwa powietrza sięgająca prawie pod ozonosferą. Dostające się do aerosfery różne zanieczyszczenia mają rozległy charakter ze względu na ruchy mas powietrza. Zanieczyszczenia te, w zależności od rodzaju i stężenia, mogą powodować degradację aerosfery, a ta z kolei może destruktywnie oddziaływać na biosferę, hydrosferę, litosferę itp.

Źródła zanieczyszczenia aerosfery pochodzenia naturalnego pojawiają się głównie okresowo i są jak gdyby wkomponowane w układy przyrodnicze, w dostosowywanie się ekosystemów do funkcjonowania w odpowiednich warunkach uzależnionych od czynników biotycznych i abiotycznych. Z kolei źródła antropogeniczne emitują do aerosfery różne zanieczyszczenia, w układzie prawie systematycznym, jako ponadnormatywne w stosunku do tła naturalnego, oddziałują na organizmy i środowisko ich życia w sposób ciągły. Oddziaływanie to różnicowane

jest rodzajem występujących zanieczyszczeń, ich stężeniem w powietrzu, reakcją na nie biosfery oraz udziałem innych czynników. Do najczęściej występujących zanieczyszczeń należą: mikrobiologiczne, pyły różnego rodzaju i szkodliwości, sole oraz gazy, w tym: dwutlenek siarki (SO_2), tlenki azotu (NO_x), ozon (O_3), fluor (F), tlenek węgla (CO), fluorowodór (HF), siarkowodór (H_2S), amoniak (NH_3), węglowodory i inne pierwiastki lub związki chemiczne występujące w mniejszych ilościach oraz zjawiska lub substancje wysyłające energię szkodliwie oddziaływującą w środowisku przyrodniczym. W obliczu tej różnorodności występujących zanieczyszczeń i ich stężeń, nasuwa się pytanie, które i kiedy określamy jako zanieczyszczenia?

Według Rogalskiego¹² *zanieczyszczeniem powietrza nazywamy wszystkie substancje stałe, ciekłe i gazowe, hałas i wibracje oraz energię promieniotwórczą, które występują w ilościach powodujących zakłócenia lub zagrożenia prawidłowego funkcjonowania biosfery, w tym zdrowia człowieka, a także szkodliwe oddziałują na inne elementy środowiska.*

Zagrożenia wynikające z zanieczyszczenia aerosfery są groźniejsze od zanieczyszczeń wód czy gleb, ponieważ nie mogą istnieć lokalnie z powodu dużej, nie dającej się kontrolować, łatwości rozprzestrzeniania się. Zanieczyszczenia powietrza nie uznają granic, regionów, państw czy kontynentów. Niekiedy, powstające lokalnie, mogą przemieszczać się i zagrażać transgranicznie. Typowym przykładem wg Kozak¹³, są skutki ekologiczne promieniowania jonizującego w wielu państwach po katastrofie elektrowni jądrowej w Czarnobylu (Ukraina). Podobnie, transgraniczny przepływ zanieczyszczeń powietrza, jak: SO_2 i NO_x , z państw europejskich spowodował zakwaszenie jezior w Szwecji, w tym samym czasie w Kanadzie i w innych państwach¹⁴.

Redukcję emisji zanieczyszczeń do powietrza, Rogalski¹⁵ rozważa w różnych aspektach, w tym poprzez ograniczanie spalania paliw, tzw. nośników energii pierwotnej, a głównie węgla kamiennego i brunatnego. Poza spalaniem, już na etapie pozyskiwania tych paliw, przedostają się do aerosfery różnego rodzaju pyły, gazy (np. metan), promieniotwórczy radon, węglowodory i inne oraz hałas i wibracje pracującej maszynierii, które ogólnie autor określa jako zanieczyszczenia ze źródeł wydobywczych. Spalanie paliw to uzyskiwanie energii cieplnej i jej przetwarzanie do różnych zastosowań w przemyśle, szeroko pojętym, w komunikacji i innych działach gospodarki. W spalaniu paliw pierwotnych emisja najpowszechniej występującego zanieczyszczenia SO_2 zmniejsza się w kierunku: węgiel kamienny → olej opałowy → gaz ziemny. Emisja zanieczyszczeń zmniejsza się jeszcze bardziej w spalaniu paliw energetycznych pochodzących z odnawialnych źródeł energii tzw. biomasy. W Polsce występują pewne przewartościowania w kierunku wzrostu ilości spalania tych paliw, szczególnie w ciepłowniach miejskich, kotłowniach lokalnych i w zabudowie jednorodzinnej.

Z odnawialnych źródeł energii, poza spalaniem biomasy, biogazu otrzymywanego z rozkładu substancji organicznej np. na składowiskach odpadów komunalnych, wykorzystywaniu paliw płynnych, są jeszcze inne upowszechniane w coraz większym stopniu, źródła naturalne, jak:

- energia wiatru (siłownie wiatrowe),
- energia słońca (korektory słoneczne),
- energia wody (elektrownie wodne),

- energia geotermalna (ujęcia źródeł ciepłej wody).

Wykorzystywanie potencjalnych zasobów odnawialnych źródeł energii jest naturalną koniecznością w przyszłościowym rozwoju energetyki, warunkowanym zrównoważonym rozwojem społeczno-gospodarczym, uwzględniającym poszanowanie naturalnych zasobów przyrodniczych.

Postępujący proces wzrostu zanieczyszczeń w powietrzu i ich ujemnych skutków w oddziaływaniu na środowisko, spowodowały, że ochrona powietrza znalazła odpowiedni wydźwięk na Konferencji Narodów Zjednoczonych na temat „Środowisko i Rozwój” w 1992 r w Rio de Janeiro, w której uczestniczyło 179 państw, Polska również. Wylansowane wówczas hasło *wspólne powietrze, wspólna odpowiedzialność*, jest coraz konsekwentniej realizowane w układach państwowych oraz międzynarodowych.

W celu przeciwdziałania rozprzestrzenianiu się zanieczyszczeń na dalekie odległości w 1979 roku została podpisana w Genewie Konwencja o Transgranicznym Przenoszeniu Zanieczyszczeń Powietrza na Dalekie Odległości (zwana dalej Konwencją Genewską). Ponadto podjęte postanowienia obejmowały także zanieczyszczenia wywołujące zakwaszenie środowiska, jak np.: SO₂ i NO_x. Później włączono również inne zanieczyszczenia wpływające na ekosystemy, jak: niemetanowe lotne związki organiczne (NMLZO) oraz podjęto prace nad metalami ciężkimi, środkami ochrony roślin, wielopierścieniowymi węglowodorami aromatycznymi (WWA), polichlorowanymi bifenylami (PCB) i dioksynami (Juda-Rezler¹⁴).

Działania podejmowane w ramach Konwencji Genewskiej mają zapobiegać szkodliwemu oddziaływaniu zanieczyszczeń powietrza na środowisko przyrodnicze, w tym i na zdrowie człowieka. Postanowienia Konwencji Genewskiej zostały poszerzone o Protokół Zmniejszenia Zakwaszenia, Eutrofizacji i Stężeń Ozonu w Troposferze. Zatem zakres prac ochronnych przed oddziaływaniem zanieczyszczeń powiększył się z powodu występowania ujemnych skutków wpływu odpowiednich zanieczyszczeń powietrza na ekologię ekosystemów (synekologia) czyli na grupy organizmów w biocenozach i na siedlisko ich bytowania. W ekologii uwzględnia się różne grupy taksonomiczne. Podając za Pyłka-Gutowską¹⁶, są to: ekologia roślin, ekologia owadów, ekologia drobnoustrojów, ekologia kręgowców itd. Bytowanie i rozwój organizmów w środowisku zależy od całego kompleksu czynników, ich ilości i natężenia. Każdy czynnik, który zbliża się do granic tolerancji gatunku lub je przekracza, nosi nazwę *czynnika ograniczającego*. Poszczególne gatunki wykazują zróżnicowane wymagania w stosunku do danego czynnika ekologicznego. Zdolność organizmu do przystosowania się do zmian danego czynnika nosi nazwę *tolerancji ekologicznej*.

ODDZIAŁYWANIE ZANIECZYSZCZEŃ POWIETRZA NA EKOSYSTEMY

W pracy uwzględniono tylko wybrane aspekty zmian ekologicznych w układzie biocenotycznym, w kontekście oddziaływania zanieczyszczeń powietrza. Z czynników środowiskowych mających szczególnie duży wpływ na organizmy biosfery uwzględnia się przede wszystkim następujące:

- o biotyczne – żywe składniki środowiska, jak: rośliny, zwierzęta, człowiek;
- o abiotyczne – nieożywione elementy środowiska, jak: temperatura, światło, woda, gazy, wiatr i in.

Uwzględniając, że czynniki abiotyczne mogą oddziaływać na środowisko, niezależnie od woli człowieka, należy zatem zwrócić główną uwagę na wpływ czynników wynikających z działalności antropogenicznej. Działalności, w wyniku której dochodzi do zanieczyszczenia powietrza i jednocześnie ograniczania emisji tych zanieczyszczeń do środowiska lub łagodzenia skutków ich wpływu na przewartościowania ekologiczne.

Rośliny w różnym stopniu reagują na zmiany składu chemicznego powietrza powodowane dopływem zanieczyszczeń, które w zależności od występującego stężenia oraz wrażliwości roślin, mogą powodować:

- zamieranie gatunków, jeżeli zanieczyszczenie przekroczy próg tolerancji,
- osłabienie gatunków, a zatem i zmniejszenie ich konkurencyjności w środowisku,
- zwiększenie podatności na ujemne wpływy warunków biotycznych lub abiotycznych.

Również substancje, które są pokarmem ale występują w zawyżonej ilości, mogą stać się trującymi, w oddziaływaniu na określone grupy roślin. Do takich należą związki np.: siarki, azotu, potasu i inne makroelementy oraz niektóre pierwiastki metali ciężkich, szczególnie kadmu, rtęci i ołowiu.

Komarnisky i in.¹⁷ podają, że związki siarki należą do najbardziej rozpowszechnionych zanieczyszczeń w aerosferze. Występują one, na ogół, w postaci dwutlenku i trójtlenku siarki, aerozoli kwasu siarkowego, siarczanów i siarkowodoru.

Najpopularniejszą jednak formą jest dwutlenek siarki (SO_2). W warunkach dużego niedoboru siarki w glebie, dwutlenek siarki występujący w powietrzu może pokryć potrzeby roślin na ten składnik przez pobieranie dolistne. Jednak ten sam dwutlenek siarki występujący w zwiększonym stężeniu w powietrzu może oddziaływać szkodliwie na rośliny. Czy to szkodliwe oddziaływanie będzie większe lub mniejsze, zależy od wrażliwości danej rośliny, czasu ekspozycji, temperatury, wilgotności powietrza, obecności i stężenia innych zanieczyszczeń występujących w aerosferze, jak ozon (O_3) i dwutlenek azotu (NO_2), z którymi wykazuje synergiczne działanie na roślinność oraz od wielu jeszcze innych czynników.

Wysoki poziom stężenia SO_2 powoduje, że tkanka roślinna ulega degradacji. Krawędzie liści i powierzchnie pomiędzy żyłkami zostają praktycznie zniszczone. Stałe wystawienie roślin na działanie SO_2 powoduje żółknięcie normalnie zielonych liści. Następuje ubytek chlorofilu, co ma duży wpływ na obniżenie procesu fotosyntezy, a w konsekwencji prowadzi do obumierania roślin. W trakcie wymiany gazowej pory w roślinach są otwarte. SO_2 wnika przez szparki oddechowe do wewnętrznych tkanek roślin i w ten sposób niszczy komórki chlorofilu znajdujące się w miękiszu. Przy większych stężeniach SO_2 niszczy również nabłonek roślin, o czym świadczą objawy nekrotyczne występujące na liściach i łodygach.

Najbardziej wrażliwe na obecność SO_2 w powietrzu są porosty i lasy górskie. W Wielkiej Brytanii w ciągu ostatnich 150 lat nastąpiło zmniejszenie się bujności i plenności porostów i mszaków powodowane wzrostem koncentracji SO_2 ¹⁸. Następową redukcją pokrywy oraz wytwarzanie askospor przez wrażliwe porosty już przy subletalnych koncentracjach SO_2 . Według Batesa¹⁹, bardzo zbliżone oddziaływanie wystąpiło u mszaków, przy czym niektóre gatunki mchu należą już do wy-

marłych. Haugsja²⁰ był pierwszym badaczem, który sporządził mapy zasięgu porostów w korelacji z występującymi zanieczyszczeniami w aerosferze. Zmiany i wypadanie porostów, według Coppinsa,²¹ głównie w ośrodkach przemysłowych, związane ze wzrostem koncentracji SO₂, stanowiły poważny dowód potwierdzający *hipotezę gazów toksycznych* i jednocześnie odrzucający *hipotezę susz*. Czy całkowicie należało odrzucić tę hipotezę jest sprawą dyskusyjną. Jednak dotychczas wykazano, że wzrost toksyczności rozpuszczonego SO₂ wraz ze wzrostem kwasowości, został najlepiej udokumentowany na przykładzie porostów (Puckett i in.²²). Tematyczna literatura jest bardzo obszerna i szczegółowa, zatem nie ma potrzeby analizowania pojedynczych przypadków. Nauka już udowodniła, że w środowisku przyrodniczym zachodzą przewartościowania ekologiczne wywoływane obecnością SO₂ w powietrzu.

Kolejną grupą roślin wykazującą dużą wrażliwość na gazowe zanieczyszczenia powietrza są ekosystemy leśne. Niższe koncentracje SO₂ w powietrzu prowadzą do oddziaływań chronicznych, wyższe zaś do ostrych. Oddziaływania te, jak podaje Karnoski²³, mogą być jednak bardzo zmienne i mogą też różnić się w obrębie gatunku, rodzaju, odmiany i populacji.

Według Gomółki i Szaynoka²⁴, rośliny mają zdolność przetwarzania zaabsorbowanego SO₂ na H₂SO₄ i ostatecznie na siarczany. Tak np. w obrębie gatunku szkodliwe stężenia i czas ekspozycji SO₂ wynoszą w odniesieniu do:

- jesionu 0,54 ppm i 3 godziny,
- sosny 0,5 ppm i 7 godzin,
- jabłoni 0,48 ppm i 6 godzin.

SO₂ jest związkiem chemicznie niestabilnym i z łatwością w procesach fotochemicznych w powietrzu przechodzi do postaci SO₃, a następnie w kontakcie z parą wodną lub kropelkami wody tworzy kwas siarkowy. Następstwem są tak zwane kwaśne opady i osady atmosferyczne, których kwasowość spada poniżej pH 5, a niekiedy o wiele niżej. Powoduje to degradację gleby, zbiorników wodnych itp. co ma ogromne skutki w niszczeniu ekosystemów lądowych i wodnych.

W Polsce występowały przypadki zamierania lasów na dużych powierzchniach, powodowane nadmierną koncentracją SO₂ w powietrzu. Przykładem było prawie całkowite zniszczenie górskich lasów świerkowych na obszarze około 13 tys. ha w Karkonoskim Parku Narodowym w latach 70 i 80 ubiegłego stulecia. Nieco mniejsza skala zniszczeń, ale również duża, miała miejsce w innych parkach narodowych i rezerwatach przyrody w południowo-zachodniej części kraju. Ta nadmierna ilość emitowanych zanieczyszczeń, w tym głównie SO₂, pochodziła z jednostek energetyki zawodowej i technologii przemysłowych, spalających duże ilości węgla brunatnego i kamiennego.

Białobołok²⁵ podaje, że drzewa iglaste są bardziej wrażliwe na oddziaływanie zanieczyszczeń powietrza, niż liściaste. Wynika to stąd, że lasy iglaste, nie zmieniając liści na zimę, przez cały rok narażone są na działanie zanieczyszczeń. W dodatku w okresie zimowym występuje większa emisja zanieczyszczeń z sektora energetycznego, a w związku z tym i większe stężenia w powietrzu i dłuższy czas ich oddziaływania. Ponadto osłabione drzewa wykazują większą podatność na ujemne wpływy niektórych czynników biotycznych i abiotycznych. Według Godzika²⁵ lasy rosnące w partiach górskich są bardziej narażone na działanie SO₂, niż na równinach

co spowodowane jest mechanizmem osiadania suchych zanieczyszczeń na liściach. Otóż większa prędkość wiatru zwiększa dostępność SO_2 do powierzchni liścia i do jego wnętrza.

Podając za Gomółką i Szajnokiem²⁴, szczególnie narażone są drzewostany rosnące wokół źródeł emisji zanieczyszczeń, zwłaszcza hut i podają, że w odległości:

- 48 km od huty zniszczenie drzew sosnowych wyniosło – 60-100%,
- 48-84 km – odpowiednio – 30-60%,
- ponad 84 km – odpowiednio – 1-30%.

W hutnictwie źródłem emisji SO_2 są rudy siarczanowe miedzi, cynku, rtęci, ołowiu i in.

Rośliny uprawne wykazują większą tolerancję na zanieczyszczenie powietrza dwutlenkiem siarki, niż inne. Większość gatunków cechuje tzw. względna wrażliwość na SO_2 . Rośliny rolnicze, w tym głównie ziemniak, burak cukrowy, zboża, rzepak i kukurydza są bardziej odporne na działanie dwutlenku siarki, niż roślinność drzewiasta, szczególnie iglasta.

Uwzględniając różną wrażliwość roślin na zanieczyszczenia występujące w powietrzu, Ashmore i Wilson²⁷ określili krytyczne poziomy stężenie SO_2 , które wynoszą odpowiednio.

- $10 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ – wrażliwe porosty,
- $15 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ – lasy górskie,
- $20 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ – lasy iglaste i niska roślinność naturalna,
- $20 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ – lasy liściaste,
- $30 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ – uprawy rolnicze.

Dwutlenek siarki był pierwszą substancją zanieczyszczającą w powietrzu uznaną za fitotoksyczną. W badaniach wykazano, że z perspektywy ekologicznej ekspozycje SO_2 zmieniają strukturę zbiorników roślinnych, powodują również zmiany w funkcjonowaniu ekosystemów. Wykazano jednocześnie, że SO_2 nie jest jedynym czynnikiem degradującym środowisko. W ostatnich latach podjęto bardziej kompleksowe badania nad sumarycznym wpływem wielu substancji zanieczyszczających pochodzenia antropogenicznego na środowisko przyrodnicze (Bell, Treskow²⁸).

Z innych zanieczyszczeń, mających dużą siłę oddziaływania pojedynczego lub synergicznego na przewartościowania ekologiczne w ekosystemach, należy uwzględnić przede wszystkim związki, które służą za pokarm, ale występując w nadmiarze stają się trujące. Znane są ekologiczne skutki występujące w okolicy Zakładów Azotowych w Puławach. Od nadmiaru azotu wyginęły dziesiątki hektarów lasów, wypadała również inna roślinność, nawet trawiasta. Podobnie można wskazać na ekologiczne skutki produkcji nawozów mineralnych w Policach. Przykładów jest wiele, ale występują już i pozytywne objawy, bowiem zmniejsza się emisja zanieczyszczeń do atmosfery, tym samym skala oddziaływań na ekosystemy ulega stopniowej redukcji.

Zwiększony dopływ azotu wywołuje, między innymi, szczególnie wyraźne przewartościowania gatunkowe na torfowiskach wysokich oraz zmiany w ekosystemach wrzosowisk (Ellenberg²⁹). W działaniach pośrednich NO_2 przyczynia się do powstawania kwaśnych opadów i osadów atmosferycznych i wynikających, z ich

oddziaływania, skutków ekologicznych. Ponadto tlenki azotu są składnikami smogu fotochemicznego.

Jest jeszcze wiele innych zanieczyszczeń gazowych oddziaływujących, w różnym stopniu szkodliwości na roślinność, rosnącą głównie w stanie naturalnym i wystawioną na stały dopływ szkodliwych substancji. Z powszechniej występujących podkreślenia wymaga szkodliwość ozonu troposferycznego (O_3). Jego wpływ na zdrowotność i produktywność roślin leśnych, uprawnych i innych jest udowodniona, przede wszystkim zakłóca proces fotosyntezy i oddychania. Poziomy fitotoksyczne występują przede wszystkim w południowej i centralnej części kraju (Bytnerowicz i in.³⁰). Podobnie fluor w stężeniach ponad naturalnych jest bardzo szkodliwy, głównie występujący w toksycznych związkach fluorowodoru. Niszczy on warstwę ochronną liści, która tworzy nalot woskowy, działa na system enzymatyczny i z metalami tworzy kompleksy blokujące. Osłabione rośliny są podatne na choroby wirusowe oraz różne patogeny (Kluczyński²⁵).

Poza powyższymi jest jeszcze wiele innych zanieczyszczeń w powietrzu atmosferycznym, np. pochodzenia organicznego, jak: formaldehyd, wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne, dioksyny, polichlorowane bifenole i wiele innych, które powodują zagrożenia lub skażenia, w konsekwencji doprowadzające do zmian w środowisku funkcjonowania organizmów.

Zanieczyszczenia pyłowe w aerosferze są różnego pochodzenia i występują w różnych formach szkodliwości. Ich wielkość zawiera się w przedziale od submikrocząsteczkowych aerzoli do widocznych cząstek pyłów. Wpływ pyłów na roślinność zależy głównie od ich rozmiarów, skumulowanej ilości oraz chemizmu. Ze względu na szkodliwość więcej uwagi poświęca się pyłom o małych cząstkach, o średnicy poniżej $10\ \mu\text{m}$ (PM_{10}) i one podlegają normowaniu co do ilości występowania oraz jeszcze mniejszym - poniżej $2,5\ \mu\text{m}$ ($PM_{2,5}$).

W działalności antropogenicznej największe ilości pyłów wytwarzane są przez elektrownie, elektrociepłownie, huty, cementownie, fabryki nawozów sztucznych oraz inne zakłady rozdrabniające różne surowce. Wg Sierpińskiego³¹ najgroźniejsze są pyły przemysłowe pochodzące z hut metali ciężkich. W warunkach dużego zapylenia powietrza zbiorowiska roślinne, a szczególnie ekosystemy leśne, funkcjonują jak swego rodzaju filtry biologiczne, zatrzymując znaczną ilość cząstek pyłu w procesie suchej i mokrej depozycji cząstek pyłu. Pyły są nośnikami zarówno kationów zasadowych, jak: wapń, potas czy magnez, jak również pierwiastków metali ciężkich, w tym toksycznych dla roślin, jak: glin, arsen, ołów, kadm, miedź i cynk. Pył jako taki, pokrywając rośliny, głównie liście, ogranicza proces fotosyntezy i przebieg funkcji metabolicznych w roślinie, zatyka szparki oddechowe, ogranicza działanie promieniowania słonecznego i rozprasza promieniowanie ultrafioletowe i in., doprowadzając do osłabienia funkcjonowania, a tym samym i spadku odporności na niesprzyjające czynniki środowiska. Oddziaływanie zaś metali ciężkich może być różnorodne i bardziej toksyczne w metylowych związkach organicznych niż metalicznych. Mogą powodować niekorzystną wymianę jonową, blokować aktywność enzymów itp. Ze względu na nadmierną szkodliwość w środowisku niektórych metali ciężkich, jak: rtęci, kadmu i ołowiu, ich dopuszczalna emisja do atmosfery została prawnie ograniczona.

W leśnictwie, osłabione rośliny wykazują mniejszą odporność biologiczną, są podatne na choroby i wpływ środowiska (Rykowski³²). Powyższe powoduje, że w rejonach o nadmiernym zanieczyszczeniu środowiska występuje zjawisko rozpadu ekosystemów i zanikanie procesu lasotwórczego. Oznacza to, że w miejscu gdzie był las tworzą się nowe zespoły roślinne, jak murawy i zarośla.

Zanieczyszczenia powietrza, poza bezpośrednim wywoływaniem zmian w funkcjonowaniu roślin, mogą wykazywać wpływ wtórny, to znaczy przyczyniać się do zwiększenia negatywnego wpływu szkodników i patogenów. Powyższe zjawisko dotyczy również zanieczyszczeń pyłowych. Mogą one również powodować zmiany w strukturze zbiorowisk roślinnych. Inaczej działa na grzyby i bakterie pył cementowy, a inaczej pył wapienny. Ponadto zmiana pH podłoża odgrywa ważną rolę i może powodować przewartościowania gatunkowe wśród roślin.

Konsekwencją ujemnego oddziaływania różnych zanieczyszczeń występujących w powietrzu, na biosferę jest postępująca degradacja biocenoz i środowiska życia organizmów – biotopu. W latach następują przewartościowania w kierunku zasiedlania i rozwijania się organizmów, które cechuje zwiększona odporność na występujące zanieczyszczenia lub uodpornienia się na istniejące warunki. Nawet niewielkie ale systematycznie dostające się z atmosfery zanieczyszczenia do wód powierzchniowych lub na powierzchnię gruntu, drogą depozycji suchej lub mokrej, rozprzestrzeniają się, wywołując odpowiednio ujemne skutki w środowisku przyrodniczym. Największe szkody wyrządzają depozycje kwasotwórcze, głównie związków siarki i azotu, tworzące tzw. kwaśne opady i osady atmosferyczne.

Zanieczyszczenia aerosfery osiadając na roślinach są zjadane przez zwierzęta a także i przez człowieka oraz są bezpośrednio wdychane, wywołując różne schorzenia. Odbijają się one niekorzystnie na zdrowiu, mogą powodować dużą śmiertelność, zarówno zwierząt gospodarskich, jak i zwierzyny leśnej oraz dzikiego ptactwa.

Skutki oddziaływań mogą być bardzo różnorodne. Szczególnie dużo rozpoznano ich w odniesieniu do człowieka. Nie ma uzasadnionej konieczności, żeby je szczegółowiej omawiać, można, co najwyżej, wymienić najpowszechniej występujące schorzenia podawane w różnych źródłach:

- choroby układu oddechowego: zapalenie błony śluzowej jamy nosowej, gardła, oskrzeli, nowotwory płuc;
- zaburzenia centralnego układu nerwowego;
- choroby oczu;
- reakcje alergiczne ustroju;
- zaburzenia w układzie krążenia, choroby serca;
- pylice płuc;
- nowotwory powodowane pierwiastkami metali ciężkich;
- ostre i przewlekłe zatrucia wielopierścieniowymi węglowodorami aromatycznymi;
- głuchota, choroby nerwowe i psychiczne powodowane hałasem;
- zgony lub bardzo przykre skutki chorobowe wywołane promieniowaniem jonizującym;
- zagrożenia drobnoustrojami chorobotwórczymi, zarazy różnego rodzaju;
- wiele, wiele innych szkodliwych oddziaływań.

Podając za Pyłka-Gutowską¹⁶ zdrowie to stan równowagi organizmu reagującego na zmienne warunki środowiska zewnętrznego. Stan taki przejawia się dobrym samopoczuciem fizycznym, psychicznym i społecznym człowieka. Zachwianie równowagi między organizmem a otoczeniem następuje wtedy, gdy czynniki zewnętrzne są zbyt silne i działają zbyt długo lub gdy sprawność reakcji adaptacyjnych ustroju jest ograniczona. Skutkiem zachwiania tej równowagi jest wystąpienie choroby, a w sytuacjach bardziej drastycznych śmierć organizmu.

WYBRANE DANE O EKOLOGII CZŁOWIEKA

Ekologia człowieka jest ściśle powiązana z antropologią. W literaturze występują różne definicje tego pojęcia. Według Walońskiego³³ ekologia człowieka jest nauką interdyscyplinarną, która bada dynamiczne procesy biologiczne i społeczne zachodzące między ludźmi oraz środowiskiem, w jakim żyją, totalnym – tj. przyrodniczym, społecznym, technicznym i kulturowym. Kośmicki³⁴ natomiast twierdzi, że ekologia człowieka jest nauką o strukturze i funkcji przekształconej przez człowieka przyrody i o człowieku jako czynniku kierującym tymi zmianami. Malinowski⁸ podaje, że związki zachodzące między człowiekiem a przyrodą skupiają się wokół trzech koncepcji, które definiuje następująco:

- Skrajny ekologizm polegający na podporządkowaniu człowieka prawom i prawidłowościom przyrody, podobnie jak inne gatunki biologiczne. Koncepcja ta nie uwzględnia technicznej ingerencji człowieka w przyrodę i kształtowane przez niego środowisko.
- Antropocentryzm wyrażający się dominacją człowieka nad przyrodą. Człowiek jako istota rozumna i posiadająca kulturę, jest predystynowana do całkowitego podporządkowania przyrody swoim celom i ingerencji w prawa nią rządzące. Poglądy antropocentryczne wspierane były kultem wszechmocy nauki i techniki.
- Homeostaza antropocentryczna jest uniwersalną współczesną doktryną, która zakłada, że związek między człowiekiem a przyrodą winien być nacechowany równowagą dynamiczną. Człowiek wraz z przyrodą, jako jej składnik, ulega przekształceniom i rozwojowi w równowadze ze środowiskiem. Przetrwanie człowieka zależy od przetrwania gatunków roślinnych i zwierzęcych.

W rozwoju historycznym człowieka występowało wiele etapów. Każdy z nich rozszerzał swoją ingerencję w biosferę na podbudowie poprzedniego. Doszło w końcu w drugiej połowie XX wieku do totalnej eksploatacji środowiska. Miało to związek głównie z formacjami społeczno-ekonomicznymi. Zaczęły się pojawiać katastrofy ekologiczne w ujęciu lokalnym lub regionalnym oraz kryzysy ekologiczne w wymiarze globalnym. Na obszarach gęsto zaludnionych i silnie uprzemysłowionych zanieczyszczenie powietrza szybko zwiększało się. Podejmowane zaś przeciwdziałania z trudem przebijały się do świadomości ludzkiej.

W tym miejscu godzi się zacytować następującą sentencję:

*Tak, to prawda, że krajobraz trochę się zmienił,
Gdzie były lasy, teraz gruszki fabryk i cysterny,
Zbliżając się do mostów przy ujściu rzeki zatykamy nosy,
W jej nurce ropa i chlor i, i związki metylu.*

Czesław Miłosz

Rozwój osobniczy człowieka jest determinowany, w głównej mierze, przez genotyp, który wyznacza normy reakcji organizmu na czynniki środowiska. Podając za Malinowskim⁸ z czynników zewnętrznych, które modyfikują rozwój osobniczy, można wyróżnić:

- Biogeograficzne modyfikatory naturalne, w tym flora i fauna, charakter środowiska (nadmorskie, wysokogórskie), skład powietrza, skład gleby, właściwości wód, charakter klimatu, nasłonecznienie, temperatura, wilgotność, ciśnienie atmosferyczne, ruchy powietrza, ukształtowanie terenu, zmienność pór roku.
- Społeczno-ekonomiczne modyfikatory (cywilizacyjno-kulturowe).

Ponadto znaczący wpływ na rozwój atmosfery wywiera. m. in. wielkość zbiorowiska ludzkiego. Korzystniejsze warunki zapewniają środowiska wielkomiejskie, słabsze zaś – wiejskie, co wynika z opóźnień kulturowych wsi. Jednocześnie środowiska wielkomiejskie, ze względu na większy postęp cywilizacyjny, w tym i uprzemysłowienie, bardziej narażone są na różnego rodzaju zagrożenia wynikające z działalności antropogenicznej, np.: zanieczyszczeniami gazowymi i pyłami powietrza, skażeniami wody, żywności itp., niż środowiska wiejskie – słusznie uważane za bliższe naturze.

Powyższe rozważania mieszczą się w kategoriach naukowo-technicznych. Skolimowski⁴³ natomiast uzasadnia konieczność zmiany sposobu myślenia na nowy rodzaj, na myślenie, które nazywa ekologicznym. Jego zdaniem stanie się ono podstawą uzdrawiania umysłu. W stałych wypowiedziach przytacza proroczą wypowiedź Alberta Einsteina:

„Jeżeli ludzkość ma przetrwać, będzie nam potrzebny zasadniczo nowy sposób myślenia”.

i jednocześnie dodaje, że uznanie konieczności tej zmiany przychodzi nam powoli. Zdaniem autora myślenie ekologiczne jest myśleniem uczestniczącym, czyli angażującym, nadającym przynależność. Człowiek ekologiczny jest wysoce uwrażliwiony na sieć powiązań ekologicznych i społecznych. I jeszcze typowa wypowiedź edukacyjna „Człowiek musi zdobywać wiedzę celem rozwijania swych zdolności wykorzystywania zasobów naturalnych w sposób przynoszący korzyść pokoleniom dzisiejszym i przyszłym bez wyrządzania trwałych szkód przyrodzie. Człowiek może pozostać w harmonii z przyrodą, jeżeli społeczność ludzka w interesie przyszłych pokoleń działa wobec przyrody jak opiekun”. Powyższe ma swoje odbicie w realizacji *zrównoważonego rozwoju*.

Panowanie człowieka nie jest absolutne, ale służebne

Jan Paweł II

NIKTÓRE UWARUNKOWANIA Z ZAKRESU EKOFILOZOFII

Podając za Ziębą³⁷ należy odbudować konsensus między człowiekiem i przyrodą. Nie można zamykać człowieka w schematach zwierzęcości, ale również nie można sprzyjać skrajnemu antropocentryzmowi. Przyrodzie należy przywrócić jej „sakralność”. Należy podjąć proces budowania obrazu przyrody opartego o tezy racjonalizmu ekologicznego. Kośmicki³⁴ mówi o „nowej kulturze ekologicznej” w

warunkach globalizacji gospodarki, jako podstawowego wyzwania dla współczesności.

Inni autorzy (Dobrański i in.³⁵) stwierdzają, że człowiek w rozwoju cywilizacyjnym rozwinął sferę techniki, natomiast słabo wykształcił sferę kulturową, co powoduje niewłaściwe posługiwanie się wytworami intelektu i uniemożliwia skuteczną walkę z zagrożeniami ekologicznymi. Skolimowski³⁸ zaś w rozważaniach ekofilozoficznych postuluje przemianę *homo technicus* w *homo ecologicus*. Uważa, że rola człowieka nie może być bierna, ale maksymalnie twórcza, ponieważ umysł współtworzy świat. Zdaniem autora „Ograniczony umysł stwarza ograniczony świat. Mechaniczny umysł stwarza mechaniczny świat. Wspaniały umysł stwarza wspaniały świat”.

Intelekt ludzi, według Sztumskiego³⁹, trzeba wzbogacać nowymi teoriami wartości humanistycznych równocześnie z dbałością o rozwój uczuć. Tylko człowiek o bogatym życiu uczuciowym, doznający wzruszeń na widok piękna przyrody oraz działań będących efektem pracy umysłu i rąk człowieka, zdolny jest do refleksji nad tymi doznaniem i wzruszeniami.

Biorąc pod uwagę powyższe wypowiedzi można skonstatować, że zagadnienia ekologii w rozwoju i egzystencji człowieka są bardzo złożone. Zdaniem Pionka i in.⁴⁰ tę wieloaspektowość problematyki ekologii należy pojmować jako względną ponieważ zależy od wielu uwarunkowań, relacji i proporcji w zależnościach. Trwała zaś poprawa jakości życia współczesnych i przyszłych pokoleń ma również wynikać z trwałego i integralnego powiązania z ekologią. Jest to bowiem ekorozwój trwały czy zrównoważony rozwój, w którym, w celu zrównoważenia szans dostępu do środowiska poszczególnych społeczeństw, następuje proces integrowania działań gospodarczych i społecznych, z zachowaniem równowagi przyrodniczej, w kierunku utrwalenia oraz trwałości podstawowych procesów przyrodniczych.

Udział człowieka w ochronie środowiska powinien być zasadniczy i do tej roli ochronnej winien on być permanentnie przygotowywany na każdym etapie edukacji. Wiedza przepełniona wartościami humanistycznymi, przyczynia się do pogłębienia ładu moralnego w ekorozwoju; ekorozwoju szeroko rozumianego, pojmowanego w wymiarze ekonomicznym, społecznym i ekologicznym, z działaniem ukierunkowanym na wzbogacanie wartościami poznawczymi, kształcącymi i wychowawczymi. Człowiek rozumnie chroniąc przyrodę w uwarunkowaniach środowiska, utrzymuje rzeczywistość istnienia, tożsamość, pogłębia uczuciowość i poszanowanie dla wszelkiego stworzenia. Przetrawanie bowiem człowieka na ziemi zależy od przetrwania innych gatunków, w sumie tworzących organiczną całość.

Rozpatrując środowisko z pozycji ekologicznych, pomijając skrajny ekologizm, jego ochronę należy łączyć nie tylko z materią, ale i z duchową naturą człowieka, z uwzględnieniem relacji człowiek – przyroda. Starania ekologów i ich praca w kierunku uświadamiania, wykazania zachodzących więzi i zależności doprowadzają do przewartościowania głębi zagadnienia na równowagę wzajemnego współlistnienia.

Prawdopodobnie Owidiusz, poeta rzymski, żyjący w latach 43 r przed Chrystusem do 18 r. po narodzeniu Chrystusa, wypowiedział następujące słowa, które uogólniają powyższe wypowiedzi:

„*Quidquid orgis, prū denter agas at respice finem!*”
“*Cokolwiek czynisz, czynń roztropnie i przewiduj skutki!*”

TYPOWE ZJAWISKA POWODOWANE ZANIECZYSZCZENIAMI POWIETRZA

Charakterystycznymi przykładami skutków wynikających z zanieczyszczenia powietrza są:

- Smog typu londyńskiego (od miejsca katastrofalnego wystąpienia – Londyn 1952 r. W okresie 5 dni zmarło ok. 4000 osób ponad przeciętny stan śmiertelności. Nazywany jest również smogiem kwaśnym, siarkowym lub czarnym. Duża koncentracja tlenków siarki powstających, w wyniku spalania węgla, w reakcji z wilgocią daje aerozol kwasu siarkowego, bardzo szkodliwie działającego na organizm ludzki.
- Smog typu „Los Angeles” zwany fotochemicznym jest również niebezpieczny. Tworzy się głównie ze spalin samochodowych zawierających tlenki azotu, węglowodory, tlenek węgla, ozon troposferyczny i in.
- Zarazy różnego typu, występujące na przestrzeni wieków, o rozmiarach epidemii, miały głównie podłoże mikrobiologiczne, dziesiątkowały ludność w sposób trudny do opanowania. Sformułowanie „morowe powietrze” czy „masowa zaraza powietrzna” (dżuma) i im podobne, przetrwało do dziś. Ratunku szukano m.in. w modlitwie „od powietrza (w domyśle morowego-skażonego), głodu, ognia i wojny, zachowaj nas Panie”, śpiewanej w suplikacji.

I obecnie pojawiają się, głównie w mediach, sformułowania „chore powietrze” tzn. skażone określonymi mikroorganizmami (np. wirusami, bakteriami), wywołującymi skutki chorobowe i powodującymi zmiany w rozwoju niektórych organizmów.

Oprócz smogów: kwaśnego i fotochemicznego, zagrożeń mikrobiologicznych, są jeszcze inne zjawiska wynikające z działalności antropogenicznej występujące w skali kontynentalnej i regionalnej. Szczególnie duży wpływ na degradację środowiska mają:

- Zakwaszenie środowiska powodowane kwaśnymi opadami i osadami atmosferycznymi;
- Skażenie środowiska (powietrza, wody i gleby) metalami ciężkimi;
- Awaryjne urządzeń jądrowych lub celowo przeprowadzane wybuchy broni jądrowej;
- Masowe wycinanie lasów lub niszczenie ich przez emisję zanieczyszczeń energetycznych i przemysłowych.

Dynamika antropopresji osiągająca gwałtowne tempo w drugiej połowie XX wieku, doprowadziła do tzw. kryzysu ekologicznego. Wg Dobrańskiego i in.³⁵ kryzys ekologiczny to całokształt niebezpieczeństw i zagrożeń wynikających z istniejącego stanu powiązań i zależności między człowiekiem (cywilizacją ludzką) a przyrodą. Do najważniejszych zjawisk składających się na współczesny kryzys ekologiczny w ujęciu globalnym zalicza się:

- Efekt cieplarniany, jako globalne ocieplenie klimatu;
- Niszczenie ozonosfery i tym samym tworzenie się tzw. dziury ozonowej.

Problemy dotyczące występowania zjawisk globalnych i skutki wynikające z ich oddziaływania na środowisko, są przedmiotem zainteresowania społeczności głównie naukowej i różnych organizacji międzynarodowych. Efektem tego zainteresowania są wielopłaszczyznowe działania mające na celu ograniczanie nasilania się

negatywnych zjawisk i tym samym powstrzymywania zmian w wymiarze ekologicznym.

Innego rodzaju zanieczyszczenie powietrza stanowi hałas. Postęp cywilizacyjny sprawił, że mamy do czynienia z powszechnością występowania zjawisk hałaśliwych i wibracyjnych. Występują one przede wszystkim w dużych miastach, wokół obiektów przemysłowych i usługowych o charakterze wytwórczym. Hałas w oddziaływaniu na człowieka wywołuje reakcje psychofizjologiczne i układu wegetatywnego, osłabianie i ubytek słuchu, wyzwała różne emocje i reakcje społeczne. Żyjący w XIX wieku mikrobiolog R. Koch prognozował, że „*nadejdzie kiedyś taki czas, gdy ludzkość będzie musiała się rozprawić z hałasem równie stanowczo, jak dziś rozprasa się z cholerą i dżumą*”.

I taka potrzeba wkrótce zaistnieje, bowiem, jak podaje Mentel³⁶, już dziś w Polsce uszkodzenie narządu słuchu jest najczęściej występującą chorobą zawodową (1/3 wszystkich chorób zawodowych). Dopuszczalne zaś natężenie hałasu w środowisku reguluje już Polska Norma, pozostaje natomiast kwestia jej przestrzegania.

W całej gamie oddziaływania różnych czynników na środowisko, nie sposób pominąć tak ważnego elementu, jakim jest promieniowanie, to ponad naturalne tło, uczynniane przez człowieka. Już w przypadku promieniowania niejonizującego znany jest jego szkodliwy wpływ na człowieka przejawiający się tzw. udarem cieplnym (efektem termicznym) lub występowanie zespołu objawów nazywanych „chorobą radiofalową” (chorobą mikrofalową). Biologiczne skutki schorzeń elektromagnetycznych mogą występować również w latach późniejszych.

Znacznie drastyczej na organizmy działa promieniowanie jonizujące. Jego ujemne oddziaływanie na człowieka polega na wzbudzaniu i jonizacji atomów, które z kolei mogą prowadzić do zmian czynnościowych i morfologicznych. Zmiany w strukturach biologicznych zależą od dawki, rodzaju, natężenia, czasu ekspozycji oraz cech osobowych napromieniowanego organizmu, tj. wrażliwości, płci, wieku itp. Somatyczne skutki biologiczne to przede wszystkim białaczka, nowotwory złośliwe skóry, kości, zaćma i bezpłodność. Genetyczne zaś związane są ze zmianami w kodzie genetycznym DNA. Duże natomiast dawki są najczęściej letalne. Oddziaływanie promieniowania jonizującego na człowieka zostało tylko zasygnalizowane ze względu na obszerność zagadnienia oraz znajomość tematyki z innych źródeł.

Reakcja innych organizmów żywych na promieniowanie jonizujące jest oczywiście różna, np. organizmy niższe, takie jak pierwotniaki, ameby, mrówki, charakteryzuje większa odporność na promieniowanie. Najmniej odporne są: świnia, pies, koza i człowiek. Z roślin do najbardziej wrażliwych należą m.in. lilia i bób, do najmniej zaś okopowe oraz kapusta. Wpływ degenerujący objawia się głównie u zwierząt różnymi zaburzeniami jak: neurologicznymi, krążenia, zakłócenia wzrostu, zmniejszoną żywotnością i utratą płodności, a u roślin: opóźnieniem wzrostu i zmianami w budowie zewnętrznej (Pyłka-Gutowska¹⁶).

O problemach rozwoju osobniczego o ewolucyjnych dostosowaniach środowiskowych, piszą badacze-specjaliści z określonych dziedzin i dyscyplin naukowych. W literaturze mniej natomiast uwagi poświęcono przewartościom ekologicznym pod wpływem zanieczyszczeń występujących w aerosferze, a mają one znaczący udział. Wszystkie organizmy aerobowe korzystają z powietrza atmosferycznego. Jego niedostatek lub zmieniony skład, niewystarczający udział tlenu lub występo-

wanie szkodliwych substancji w powietrzu atmosferycznym, glebowym lub wodnym, powoduje ograniczenia w rozwoju organizmów wrażliwych lub nawet ich ustępowanie, a rozwój bardziej odpornych i łatwiej się dostosowujących do istniejących warunków.

MOŻLIWOŚCI OGRANICZENIA EMISJI ZANIECZYSZCZEŃ

Naturalne elementy środowiska, wespół z biosferą, tworzą układ zrównoważony. Naruszenie któregośkolwiek z nich burzy te układy i tym samym następują niekorzystne oddziaływania w środowisku. Zatem problem ochrony zasobów powietrza jest problemem środowiskowym, zasadnym i bardzo ważnym w strukturze przewartościowań ekologicznych. Najwięcej zanieczyszczeń emitowanych do atmosfery wydziela się podczas spalania węgla kamiennego, znacznie mniej – odpowiednio oleju opałowego i jeszcze mniej – gazu ziemnego. W strukturze spalanych paliw następują korzystne zmiany. W latach 1990-2003 zmniejszyło się zużycie węgla kamiennego o 12,4%, węgla brunatnego o 0,4% na korzyść wzrostu zużycia gazu ziemnego o 3,2%, paliw płynnych o 5,9% i innych nośników energii o 3,7% (Rogalski¹⁵). Czynnikiem ograniczającym właściwy dobór paliwa jest najczęściej cena tych paliw czyli w grę wchodzi czynnik limitujący, jakim jest ekonomia. Niezależnie jednak od dużego jeszcze udziału węgla kamiennego w strukturze spalanych paliw (ok. 60%), bardzo znacząco zmniejszyła się emisja zanieczyszczeń do atmosfery.

W wymienionych wyżej latach emisja ta została zredukowana:

- dwutlenku siarki	o	54,6%
- dwutlenku azotu	o	37,8%
- tlenku węgla	o	46,6%
- pyłów	o	71,0%

Osiągnięta redukcja emisji jest wynikiem wielu działań restrukturyzacyjnych i modernizacyjnych procesów spalania paliw i sieci ciepłowniczych, likwidacji przestarzałych kotłowni lokalnych, doboru mniej zasiarczonego paliwa, wprowadzania odnawialnych źródeł energii np.: biomasy, której spalanie lub współspalanie z węglem, obniża znacząco emisję SO₂, NO_x, CO, CO₂ i pierwiastków metali ciężkich.

Bardzo ważne w spalaniu biomasy jest również to, że jest paliwem odnawialnym, pozwalającym na ograniczanie eksploatacji złóż paliw pierwotnych – nieodnawialnych, co ma istotne znaczenie w realizacji idei zrównoważonego rozwoju. Komisja Europejska w 1997 roku przyjęła dokument określający strategię bezpieczeństwa energetycznego. Zakłada on uzyskanie w 2010 r. 12% udziału odnawialnych źródeł energii w ogólnej ilości spalanych paliw. Jest jeszcze wiele innych sposobów ograniczania emisji zanieczyszczeń do atmosfery, z którymi można spotkać się w literaturze i w praktycznych działaniach. Omówienie ich przekracza jednak ramy tego opracowania.

Zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Środowiska z 2002 roku⁴² dopuszczalne poziomy stężenia zanieczyszczeń powietrza (imisja), ustalone ze względu na ochronę roślin i zdrowia ludzkiego, wynoszą:

- **średnioroczne:**
 - pyłu zawieszonego (PM 10) – 40 μg · m⁻³,
 - dwutlenku siarki – 20 μg · m⁻³,

- dwutlenku siarki na terenach parków narodowych – $15 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$,
- dwutlenku azotu – $40 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$,
- tlenków azotu w przeliczeniu na NO_2 na terenie parków narodowych – $20 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$,
- **dobowe:**
 - dwutlenku siarki – $125 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$,
(NO_2 – nie są normowane)
- **godzinowe:**
 - dwutlenku siarki – $350 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$,
 - dwutlenku azotu – $200 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$,

Podjęte, w szerokim zakresie, działania zmniejszające emisję zanieczyszczeń do atmosfery, skutkują obniżeniem stężenia tych zanieczyszczeń w powietrzu atmosferycznym. Aktualnie w Polsce wśród analizowanych miast, jak: Warszawa, Gdańsk, Kraków, Łódź, Wrocław i Olsztyn, stężenie średnioroczne SO_2 tylko w Krakowie stanowi wartość graniczną. W przypadku zaś NO_2 przekroczenia występują w Krakowie i Łodzi. W pozostałych miastach nie notowano przekroczeń wartości dopuszczalnych normą. Jednocześnie należy nadmienić, że dopuszczalne wartości stężeń substancji zanieczyszczających powietrze w Polsce i Unii Europejskiej są ujednolicone, i że przyjęto proces etapowego wzrostu wymagań w kierunku zwiększania czystości powietrza atmosferycznego. Powyższe będzie sprzyjać funkcjonowaniu biosfery i tym samym utrzymywaniu bioróżnorodności organizmów w ich naturalnych siedliskach i modyfikowanych przez człowieka np. na terenach pogórnicych, w których w miejsce zniszczonych ekosystemów tworzone są nowe ekosystemy rolnicze, leśne, trawiaste, rekreacyjne, wodne lub inne.

W podsumowaniu powyższych rozważań z całą odpowiedzialnością można stwierdzić, że zmniejszyły się emisje zanieczyszczeń do atmosfery, zmniejszyły się też stężenia tych zanieczyszczeń w powietrzu oraz, że postępuje stała troska o dalszą poprawę jakości powietrza. Zatem stwarzają się korzystniejsze warunki ochrony różnorodności biologicznej ekosystemów, a także utrzymanie i restytucja zdolnych do życia populacji w ich naturalnym środowisku.

PRZYPISY

1. Ville C.A. 1990. *Biologia*. Tłum. Bielewicz-Pawińska T. i in. PWRiL, Warszawa.
2. Kalinowska A. 2002. *Ekologia – wybór na Nowe Stulecie*, Warszawa.
3. Kozłowski S. 1993. *Rio – początek ery ekologicznej – Szczyt Ziemi*. Wyd. Akapit Press, Łódź.
4. Lisiecka H. *Ochrona środowiska czy ekologia*. W: Dołęga M., Czartoszewski W. (red.) 1999. *Ochrona środowiska w filozofii i teologii*. Wyd. AKT, Warszawa.
5. Umiński T. 1996. *Ekologia środowisko przyroda*. Wyd. Szkolne i Pedagogiczne, Warszawa.
6. Praca zbiorowa pod redakcją : Strzałko J. i Mossor-Pietraszewskiej T. 1999. *Kompendium wiedzy o ekologii*. Wyd. Naukowe PWN, Warszawa.
7. Dołęga M. 1982. *Człowiek w zagrożonym środowisku*. Wyd. ATK, Warszawa.
8. Zarzycki R. *Aerosfera – źródła i rodzaje zanieczyszczeń, sposoby jej ochrony*. Malinowski A. *Wstęp do ekologii człowieka*. W: Kurnatowska A. (red.) 1997. *EKOLOGIA i jej związki z różnymi dziedzinami wiedzy*. Wyd. Naukowe PWN, Warszawa – Łódź.

9. Wyrostkiewicz M. *Od ekologii do ekologii ludzkiej*. Kieniewicz P. *Ekologia – szansa czy zagrożenie*. W: Nagórny J., Gocko J. (red.) 2002. *Ekologia przesłanie moralne kościoła*. Wydawnictwo KUL Lublin.
10. Agapow L., Kłodna A., Kruk J., Feruszewski R., 1998. *Ekologia człowieka*. Wyd. Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego, Szczecin.
11. Praca zbiorowa. 1980. *Słownik wyrazów obcych*. PWN, Warszawa.
12. Rogalski L. 2005. *Emisja zanieczyszczeń do atmosfery w zależności od spalanej paliwa*. Inżynieria Ekologiczna nr 13, Wyd. PTIE. Kształtowanie i ochrona środowiska, Warszawa.
13. Kozak D. *Ochrona powietrza atmosferycznego*. W: Kozak D., Chmiel B., Niećko J. 2001. *Ochrona środowiska*. Wyd. Uniwersytetu Marii Curie-Skłodowskiej, Lublin.
14. Juda – Rezler K., 2000. *Oddziaływanie zanieczyszczeń powietrza na środowisko*. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa.
15. Rogalski R. 2005. *Emisja do atmosfery zanieczyszczeń gazowych powstałych ze spalania różnych paliw*. Zesz. Probl., PNR (w druku).
16. Pyłka-Gutowska E. 1997. *Ekologia z ochroną środowiska*. Wydawnictwo Oświata, Warszawa.
17. Komarnisky L.A., Tapet K., Basu Ph. D. 2003. *Sulfur: Its Clinical and Toxicologic Aspects*. Nutrition Vol. 19.
18. Howksworth D.L., Chapman D.D. 1971. *Pseudevernia furfuracea. Zopf and its chemical races in the British Irks*. Lichenologist, 5.
19. Bates J.W. 1995. *A bryophyte flora of Bershire*. Journal of Byology, 18.
20. Haugsja, 1930. *Über den Einfluß der Stadt Oslo auf die Flechten – vegetation der Bäume*. Nyt. Meg. Natuervidensk, 68.
21. Coppins B.I. 1973. *The „Drought Hypotesis“*. In: Ferry B.W., Baddley M.S. and Hewksworth D.L., eds. *Air pollution and lichens*. London: Athlone Press.
22. Puckett K.J., Nieboer E., Flora W.P., Richardson D.M.S. 1973. *Sulphur dioxide: its affat an photosynthetic ¹⁴C fixation in lichens and suggested mechanisms at phytotoxicity*. New Phytologist, 72.
23. Karnosky D. 1985. *Genetic variability in prowth responses to SO₂*. In *Sulfur Dioxide and Vegetation – Physiology, Ecology and Policy* Issnes (Eds. W.E. Winner, H.A. Money and R.A. Goldstain, pp. 346-356. Stanford University Press, Stanford CA.
24. Gomółka E., Saynok A. 1997. *Chemia wody i powietrza*. Wyd. IV. Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław.
25. Kluczyński B. *Wpływ związków fluoru na rośliny drzewiaste*. W: Białobok S. (red.) 1989. *Życie drzew w skażonym środowisku*. PWN, Warszawa-Poznań.
26. Białobok S. (red.) 1989. *Życie drzew w skażonym środowisku. Oddziaływanie tlenków siarki na rośliny drzewiaste*. PWN Warszawa-Poznań.
27. Ashmore M.R. Wilson R.B. 1993. *Critical Levels of Air Pollutants for Europe. Raport from the UNECE Workshop on Critical Levels*, Egharu. UK.28.
28. Bell J.N.B., Treshow M. 2004. *Zanieczyszczenie powietrza a życie roślin*. Tłumaczenie: Gruszka A. i Migaszewski Z., Legge A.H, Hupa S.V. *Wpływ dwutlenku siarki*. Wyd. Naukowo-Techniczne, Warszawa.
29. Ellenberg H. 1988. *Vegetation ecology of Central Europa*. Cambridge University Press. Cambridge.
30. Bytnerowicz A., Manning U.J., Grosjean D., Chmielewski W., Dmuchowski W., Grodzińska K., Godzik B. 1993. *Detecting ozone and demonstraling its phytotoxicity in forest areas AT Poland. A pilot study*. Environmental Pollution, 80.
31. Sierpiński Z. 1994. *Wpływ przemysłu na las i na szkodliwą entomologię leśną*. IB2, nr 2, Warszawa.

32. Rykowski K. Lasy. W: Andrzejewski R., Baranowski M. (red.) 1993. *Stan środowiska w Polsce*. Centrum Informacji o Środowisku. GRID – Warszawa.
33. Wolański N. 1985. *Ekologia człowieka a problemy urbanistyki*. TWP, Warszawa.
34. Kośmicki E. 2003. „Nowa kultura ekologiczna” w warunkach globalizacji gospodarki jako podstawowe wyzwanie dla współczesności. *Humanistyczny profil ochrony środowiska*. Wyd. Uniwersytetu Kard. St. Wyszyńskiego, Warszawa.
35. Dobrański G., Dobrańska B., Kielczewski D. 1997. *Ochrona środowiska przyrodniczego*. Wyd. Ekonomia i Środowisko, Białystok.
36. Mentel A. 1999. *Hałas i wibracje a zdrowie człowieka*. Dodatek do Aury, Nr 1.
37. Zięba S. 1998. *Ekologiczny wymiar człowieka*. II Forum Inżynierii Ekologicznej – Monitoring Środowiska. Nałęczów.
38. Skolimowski H. 1995. *Technika a przeznaczenie człowieka*. Wyd. ETOS, Warszawa.
39. Sztumski J. 1981. *Homo sapiens czy homo bellicosus? Człowiek zabija tam siebie*. III Krajowa Konferencja Lekarzy i Humanistów. KAW Gdańsk.
40. Piontek F. *Istota i cechy ekorozwoju*. W: Piontek B., Piontek F., Piontek W. 1997. *Ekorozwój i narzędzia jego realizacji*. WEiŚ Białystok.
41. Rogalski L., Ciećko Z. 2000. *Oddziaływanie zanieczyszczeń powietrza na człowieka. Rodzina ludzka w nauce i kulturze*. Wyd. Wszechnicy Mazurskiej w Olecku. EPISTEME 8 (2000).
42. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 6 czerwca 2002 r. w sprawie dopuszczalnych poziomów niektórych substancji w powietrzu, alarmowych substancji w powietrzu oraz marginesów tolerancji dla dopuszczalnych poziomów niektórych substancji. (Dz. U. Nr 74, poz. 676).
43. Skolimowski H. 1989. *Eseje o ekologii. Nadzieja matką mądrych*. ZBZ „SANGHA”, Warszawa.
44. King J. 2002. *Sekretne życie roślin*. Wyd. Prószyński i S-ka.