

STEFAN BIAŁOBOK

ZAGROŻENIE LASÓW W POLSCE PRZEZ ZANIECZYSZCZENIA POWIETRZA

Zagrożenie naszych lasów w okresie współczesnym w przejrzystej formie przedstawiono w „Memoriale do władz najwyższych Polskiej Rzeczypospolitej Ludowej, w sprawie aktualnego stanu lasów polskich oraz założeń polityki leśnej uchwalonym na 82 Zjeździe Polskiego Towarzystwa Leśnego w Warszawie w 1982 r. w stulecie istnienia Towarzystwa”, z którego wyjątki zamieszczono poniżej:

„Lasy polskie celowo były dewastowane w czasie okupacji, wiele ucierpiały w czasie działań wojennych. Odbudowa kraju oraz prowadzenie wielkich budowli socjalizmu w okresie powojennym, wymagały wzmoczonych wyrębów, ofiar i daniny ze strony lasów”.

„Lasy jako główny składnik środowiska przyrodniczo-geograficznego nie spełniają zadowalająco ich właściwych funkcji środowiskowych i same wymagają ochrony. Około 2/3 powierzchni leśnej jest stale lub okresowo zagrożone przez szkodliwe owady i chorobotwórcze grzyby, emisje przemysłowe zanieczyszczeń powietrza oraz niekorzystne układy czynników atmosferycznych”.

Również w „Apelu Polskiego Towarzystwa Leśnego o ochronie zasobów leśnych i ich racjonalne wykorzystanie, uchwalonym 24 września 1982 r. w Warszawie w 100-lecie działalności Towarzystwa”, poruszono zagadnienie zniszczeń jakie dokonywane są w lasach przez zanieczyszczenia powietrza. Dlatego też: „Dalszy wzrost produktywności lasu jest mimo wszelkich wysiłków leśników zagrożony” między innymi dzięki „rozszerzeniu się zasięgu szkodliwego oddziaływania za-

nieczyszczeń przemysłowych powietrza, które objęły już znaczną część powierzchni lasów w kraju, a na 0,5 mln ha powodują obumieranie drzew lub całych drzewostanów”.

ZARYS STRUKTURY NASZYCH LASÓW

Ażeby sprawę zagrożeń lasów w Polsce przedstawić możliwie syntetycznie, wydaje się konieczne podanie ogólnej charakterystyki ich struktury (Bernadzki i in. 1983).

„Lasy polskie zajmują obecnie 8,6 mln ha, tj. 27,6% powierzchni kraju. Jeszcze w 1946 r. lesistość Polski wynosiła 20,8%. Zwiększenie powierzchni leśnej nastąpiło wskutek zalesienia porzuconych przez rolnictwo najslabszych gruntów, jak również nieużytków na łącznej powierzchni około 1,1 mln ha oraz przejścia przez gospodarstwo leśne gruntów zadrzewionych i zakrzewionych w sposób naturalny. Te drzewostany pierwszej generacji, mające charakter przedplonu są nękane przez chorobotwórcze grzyby i szkodliwe owady”.

„W lasach naszych dominują gatunki iglaste (w lasach państwowych 81%, zaś w lasach niepaństwowych 77%). Największy udział przypada sośnie (72% w lasach państwowych i 67% — w lasach niepaństwowych). Udział monokultur sosnowych w lasach nizinnych, ocenia się na około 70%. Spowodowane to jest z jednej strony znaczną powierzchnią ubogich siedlisk borowych (68% powierzchni leśnej) na glebach piaszczystych, z sosną jako gatunkiem z natury dominującym, z drugiej zaś tendencją do tworzenia monokultur sosnowych, zapewniających według ukształtowanego w XIX w. poglądu, najwyższą dochodowość z lasu. Tendencja ta ze względu na stosunkową łatwość i niskie koszty uprawy drzewostanów sosnowych utrzymała się jeszcze do chwili obecnej, oczywiście w znacznie mniejszym zakresie. Lasy nasze charakteryzuje duży udział drzewostanów młodych (drzewostany w wieku poniżej 40 lat zajmują w lasach państwowych ponad połowę powierzchni zalesionej, przy znacznym niedoborze drzewostanów w wieku ponad 80 lat ocenianym na około 10% powierzchni leśnej” (Bernadzki i in. 1983).

W młodych drzewostanach sosnowych i świerkowych nie wykonu-

je się prawidłowych cięć pielęgnacyjnych, a nawet zaniedbuje się tę czynność ze szkodą dla ich dalszej produktywności. Bernadzki i in. (1983) powołują się na opinię Instytutu Badawczego Leśnictwa, według której 2/3 powierzchni lasów zajmują drzewostany chore lub trwale zagrożone przez różnorodne czynniki biotyczne i antropogeniczne.

Drzewostany jednogatunkowe i jednowiekowe pochodzące ze sztucznych nasadzeń, zakładanych według zasad gospodarki leśnej często na suchych siedliskach, przy użyciu nasion nieznanego pochodzenia, są szczególnie wrażliwe na szkodliwe skutki zatrutego środowiska. Przedstawiona w ogromnym skrócie charakterystyka struktury naszych upraw leśnych, tłumaczy w pewnym stopniu ich wrażliwość na zanieczyszczenia powietrza.

Szkodliwy wpływ zanieczyszczeń powietrza na szatę roślinną był stwierdzony od dawna. Pierwsze bowiem doniesienia o zniszczeniach przez dymy fabryczne roślinności znajdującej się wokół kuźni i innych warsztatów rzemieślniczych w związku z wykorzystaniem w nich węgla kamiennego pochodzą z XIII i XIV w. z Anglii i Niemiec. Jednakże znaczące szkody wyrządzają w szacie roślinnej dymy fabryczne wokół miast przemysłowych, np. w Liverpoolu i Manchesteru w Anglii, a w Niemczech w Saksonii oraz północnej części gór Harzu i Westfalii w okresie tworzenia się w ubiegłym wieku przemysłu ciężkiego (Schönbach i in. 1968).

Najwcześniejsze doniesienia z ziem polskich dotyczące szkód przemysłowych wyrządzanych przez dymy fabryczne w lasach okolic Katowic i Mysłowic opublikował Reuss w 1893 r. (Godzik, Harabin 1968). Również Łuczkiwicz (1922 a, b) obszernie omawia, na podstawie literatury i własnych obserwacji, wpływ dymów fabrycznych na drzewa i lasy. Podaje również dobór drzew nadających się dla okolic Katowic, jak też proponuje metody zmniejszania szkód wyrządzanych przez zanieczyszczenia przemysłowe w drzewostanach przez wykonanie różnych zabiegów uprawowych.

Jednakże największe niebezpieczeństwo zawisło nad lasami w Europie po drugiej wojnie światowej. Spowodował to olbrzymi rozwój przemysłu ciężkiego i energetyki, przy równoczesnym, nieznacznym zmniejszeniu przez urządzenia filtrujące emitowanych substancji trujących.

EMISJA PRZEMYSŁOWYCH ZANIECZYSZCZEŃ POWIETRZA W POLSCE

Najpowszechniej emitowany jest w Polsce dwutlenek siarki przez przemysł ciężki i paliwowo-energetyczny (przy spalaniu paliw stałych i ciekłych). Należy on do gazów bardzo uciążliwych dla roślin drzewiastych. W połączeniu z nim, działają synergistycznie lub addytywnie na różne rośliny drzewiaste, tlenki azotu wytwarzane przy spalaniu paliw stałych lub ciekłych oraz inne substancje lotne jak Cl_2 , związki fluoru itp. Do równie groźnych gazów dla roślin drzewiastych należy ozon — gaz szybko się rozprzestrzeniający, występujący powszechnie w USA i Europie Zachodniej (jak też w NRD, Godzik 1984), ale w Polsce nie jest notowany w materiałach GUS. Wytwarzany jest w reakcjach fotochemicznych tlenków azotu z węglowodorami.

Inne związki trujące emitowane do powietrza notowane przez GUS (1984) to siarkowodór, tlenek węgla (nieszkodliwy dla roślin drzewiastych), dwusiarczek węgla, kwas siarkowy, związki fluoru i węglowodory. Są one groźne również dla życia roślin drzewiastych, ale ze względu na ich lokalne oddziaływanie szkodliwość ich obejmuje mniejsze powierzchnie lasów.

Zamieszczone w tabelach 1, 2, 3, dane statystyczne GUS (1981 i 1984) oceniają wielkość emisji przemysłowych w tonach \times rok lub tonach \times rok⁻¹ \times km⁻² (ryc. 1). Ten sposób przedstawienia wyso-

Tabela 1

Całkowita emisja ważniejszych zanieczyszczeń powietrza atmosferycznego według działów gospodarki narodowej (wg GUS 1981, tab. 2 (145))

Rodzaje zanieczyszczeń	Ogółem	Przemysł i transport			Sektor bytowo-komunalny
		razem	w tym energetyka		
			zawodowa	przemysłowa	
w tys. ton/rok					
Pyły	3770	3102	902	447	668
Dwutlenek siarki	4313	3633	1927	606	680
Tlenek węgla	5156	3771	—	—	1385
Tlenki azotu	1229	1210	587	188	19
Węglowodory	433	433	—	—	—
Siarkowodór	14	14	—	—	—
Dwusiarczek węgla	14	14	—	—	—

kości emisji gazów daje dobre rozeznanie w określeniu stopnia obciążenia środowiska. Stopień szkodliwości zanieczyszczeń powietrza dla roślin drzewiastych jest określany przez wysokość dawki (stężenie substancji gazowych \times czas działania). Na ten temat zamieszczony jest w tej publikacji specjalny artykuł.

Od niewielu lat zaczynają się ukazywać w Polsce schematyczne mapy dotyczące stężeń dwutlenku siarki na przestrzeni całego kraju lub jego większych okręgów przemysłowych, na których podawane są stężenia SO_2 w $\text{mg} \times \text{m}^{-3}$ (Strzyszczyński 1983, (ryc. 2), Marchwińska i in. 1982 a, b). Obecnie są również w powszechnym użyciu wskaźniki oceny stopnia skażenia przez SO_2 środowiska, np. w materiałach OECD (Organizacja Gospodarczej Współpracy i Rozwoju) określające osadzanie się siarki w $\text{g S} \times \text{m}^{-2}$ w formie suchej i mokrej, (ryc. 3). Wysuwane są ogólnie w Polsce zastrzeżenia co do ścisłości danych statystycznych GUS o wysokości emisji, gazów i pyłów, dlatego byłoby słuszne zapoznanie się z metodą zbierania przez GUS (1984) danych dotyczących zanieczyszczenia powietrza atmosferycznego, jak też z oceną własnych danych. Podstawę dla tej oceny stanowią tzw. „punk-

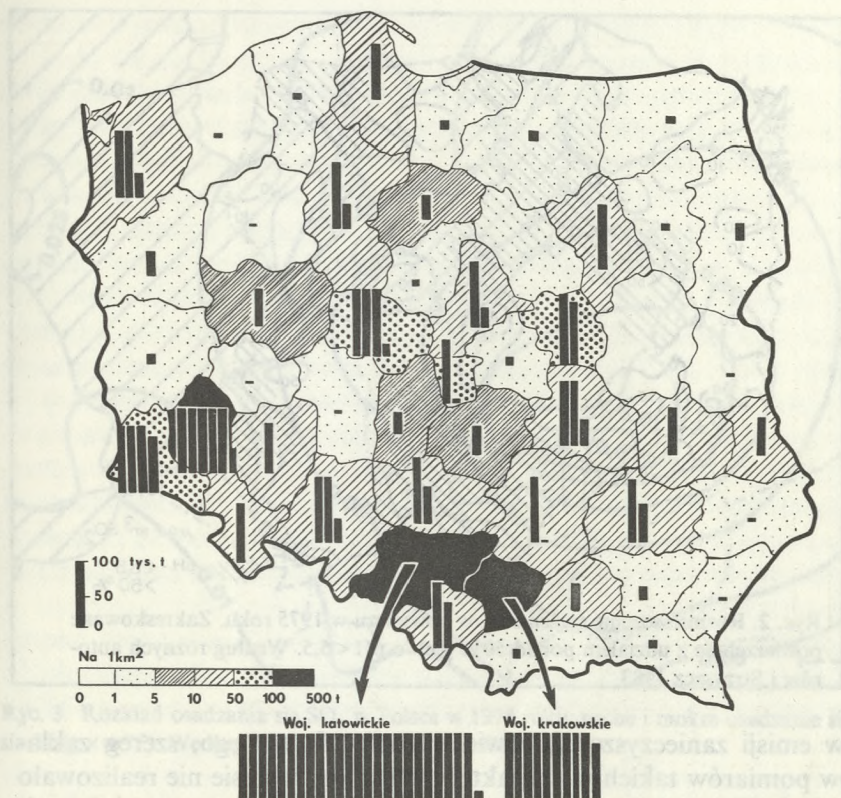
Tabela 2

Emisja przemysłowych zanieczyszczeń powietrza atmosferycznego (wg GUS 1984, s. 145 tab. 2/100)

Wyszczególnienie	1983		na 1 km ² ton/rok
	ogółem		
	w tys. ton/rok	w odsetkach	
Zanieczyszczenia pyłowe	1730,5	100,0	6
w tym			
Popiół lotny	1225,3	70,8	4
Pyły z cementowni	162,0	9,4	1
Pyły metalurgiczne	190,9	11,0	1
Pyły z produkcji nawozów	12,2	0,7	0
Zanieczyszczenia gazowe	4967,1	100,0	16
w tym			
Dwutlenek siarki	2464,9	49,6	8
Tlenek węgla	1610,4	32,4	5
Tlenki azotu	610,8	12,3	2
Węglowodory	128,8	2,6	0

Ważniejsze dane o przemysłowych zanieczyszczeniach powietrza atmosferycznego według obszarów ekologicznego zagrożenia w 1983 r. (wg GUS 1984, s. 156 tab. 14/112)

Obszary ekologicznego zagrożenia	Zakłady ogółem	Emisja pyłów				Emisja gazów (bez dwutlenku węgla)		
		Ogółem	W tym			Ogółem	W tym	
			popiół lotny	pyły z cementowni	pyły metalurgiczne		dwutlenek siarki	tlenek węgla
POLSKA	1071	1730500	1225258	161985	190885	4967092	2464891	1610384
W tym obszary zagrożenia ekologicznego								
Ogółem	597	1411793	998282	131195	171792	4237558	2059307	1448130
Szczeciński	39	53484	50352	470	1884	219628	135099	46310
Gdański	21	37529	34229	1321	185	51363	42670	617
Poznański	17	9380	7911	—	897	20892	10853	6039
Bydgosko-Toruński	33	20633	19671	—	89	38097	25939	380
Inowrocławski	12	24164	20929	48	—	21495	13315	4250
Koniński	12	108271	104950	—	1427	125174	104097	400
Włocławski	19	4490	3964	—	—	16278	9965	1466
Płocki	5	1347	80	—	—	131451	67493	22258
Legnicko-Głogowski	29	28629	8544	10879	6435	295220	74604	213181
Wrocławski	46	37420	35332	10	1335	52498	30796	4570
Bełchatowski	1	6733	6733	—	—	64799	51819	—
Łódzki	35	39675	38637	—	366	54304	48622	549
Tomaszowski	4	6822	6822	—	—	26003	14235	1293
Puławski	2	12876	8175	—	—	30378	13165	174
Chelmski	5	35831	1387	32008	—	3949	3949	—
Turoszowski	3	68795	68787	—	—	197976	176648	—
Jeleniogórski	4	2060	2057	—	—	8333	2496	56
Wałbrzyski	15	15714	13558	—	38	21927	8720	3671
Częstochowski	16	36068	4595	18126	7870	67220	14450	40339
„Białe Zagłębie”	11	24822	286	22484	50	10774	4045	1514
Tarnobrzeski	11	68779	67863	—	523	233888	211997	7580
Opolski	16	64088	44187	14104	39	185506	57315	70383
Rybickiego Okr. Węglowego	29	56416	50722	—	33	223628	181469	7231
Myszkowsko-Zawierciański	11	34560	2683	26419	2835	15784	3683	7820
Górnośl. Okr. Węglowego	169	477926	309857	1857	115539	1533672	645057	629306
Krakowski	25	13119	12915	3469	32164	557083	97363	372369
Tarnowski	7	13902	13056	—	83	30238	9443	6374



Ryc. 1. Emisja przemysłowych zanieczyszczeń pyłowych i gazowych według województw w 1980 r., GUS 1981

towe źródła emisji zanieczyszczeń”, do których zaliczono zakłady przemysłowe, w tym również „zakłady energetyki zawodowej”. „Wielkość emisji przemysłowych zanieczyszczeń gazowych dotyczy ilości zanieczyszczeń gazowych odprowadzonych przez jednostkę sprawozdawczą do atmosfery w ciągu roku i obejmuje następujące rodzaje zanieczyszczeń: dwutlenek siarki, tlenki azotu, siarkowodór, tlenek węgla, dwusiarczek węgla, kwas siarkowy, związki fluoru i inne nie wyodrębnione imiennie zanieczyszczenia gazowe (bez dwutlenku węgla)”.

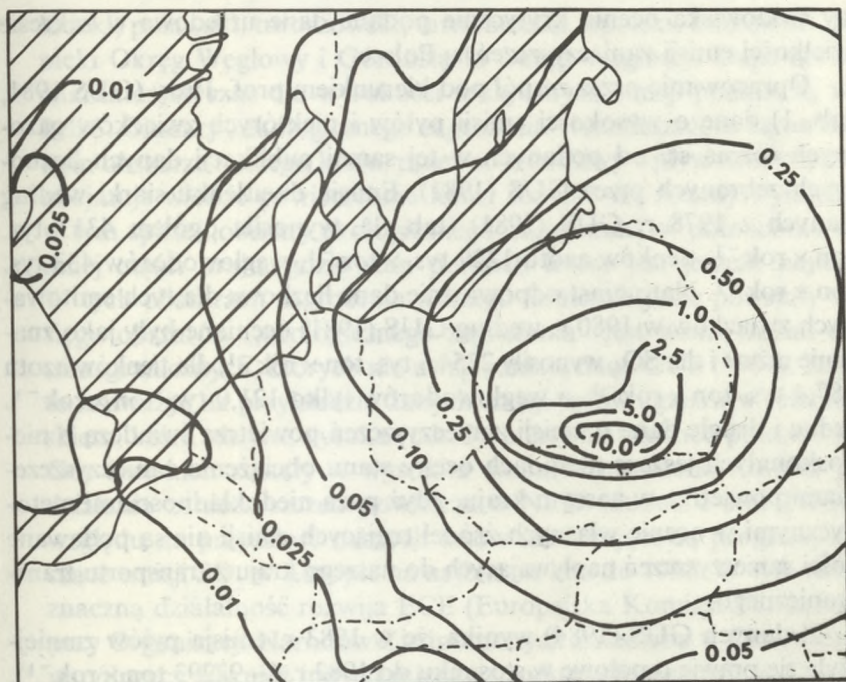
„Należy podkreślić, że mimo ustalonych wymienionymi na wstępie przepisami prawnymi obowiązków w zakresie wykonywania pomia-



Ryc. 2. Rozmieszczenie stężeń SO_2 w powietrzu w 1975 roku. Zakreskowane powierzchnie z udziałem ponad 50% gleb o $\text{pH} < 5,5$. Według różnych autorów i Strzyszcz 1983

ów emisji zanieczyszczeń powietrza atmosferycznego, szereg zakładów pomiarów takich w charakteryzowanym zakresie nie realizowało wcale, bądź też wykonywało je w ograniczonym zakresie i w odniesieniu do niektórych tylko spośród emitowanych zanieczyszczeń” (GUS 1984).

„Jednakże wielkość emisji zanieczyszczeń pyłowych, a także dwutlenku siarki określana była dość powszechnie metodami pomiarowymi, a nawet w przypadku braku urządzeń pomiarowych nie było trudności w oszacowaniu emisji tych rodzajów zanieczyszczeń. Stąd dane statystyczne z tego zakresu odzwierciedlają przebieg zjawisk w stopniu zbliżonym do rzeczywistego obrazu oddziaływania zakładów na czystość powietrza atmosferycznego. Wielkości emisji pozostałych zanieczyszczeń gazowych opierają się przeważnie na ustaleniach szacunkowych, przy czym znaczna jeszcze grupa zakładów nie była w stanie dokonać oszacowania tych parametrów. Dane te mają więc charakter



Ryc. 3. Rozkład osadzania się SO_2 w Polsce w 1974 roku; suche i mokre osadzanie się siarki ($\text{g} \times \text{m}^{-2}$). Według OECD, 1979, wg Godzika 1984

orientacyjny i niepełny, a w połączeniu z wyżej omówionymi rodzajami zanieczyszczeń (pyły, dwutlenek siarki) dają obraz w pewnym stopniu zaniżony w stosunku do rzeczywistych rozmiarów sumarycznej emisji zanieczyszczeń do atmosfery” (GUS 1984).

„Z uwagi na niepełną porównywalność danych o emisji zanieczyszczeń między kolejnymi latami wynikająca m. in. ze zmiany zbiorowości badanych zakładów, zastępowania metod szacunkowych pomiarami, obejmowania przez zakłady kontrolą nowych rodzajów zanieczyszczeń, zmiany w stanach emisji scharakteryzowano odrębnym wskaźnikiem „saldo: wzrost (+), zmniejszenie (-)” określonym w warunkach porównywalnych, tj. dla tych samych zakładów i zanieczyszczeń obliczeniowych według tych samych metod” (GUS 1984). Podobnie jak GUS (1984), również opinia naszych fachowców od zagadnień ochro-

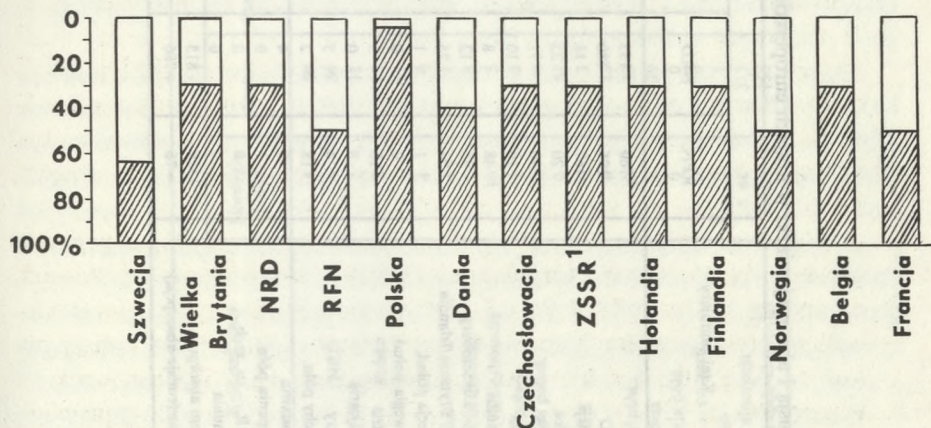
ny środowiska ocenia krytycznie podane dane urzędowe w zakresie wielkości emisji zanieczyszczeń w Polsce.

Opracowanie przez zespół pod kierunkiem prof. Judy (GUS 1981, tab. 1) dane o wysokości emisji pyłów i niektórych związków gazowych różnią się od podanych w tej samej publikacji danych liczbowych zebranych przez GUS (1981). Emisja dwutlenku siarki według danych z 1978 r. GUS (1981) (tab. 1), wynosiła ogółem 4313 tys. ton \times rok⁻¹, tlenków azotu 1229 tys. \times ton⁻¹, węglowodorów 433 tys. ton \times rok⁻¹. Natomiast odpowiednie dane liczbowe dla tych emitowanych związków w 1980 r. według GUS (1981) oceniane były jako znacznie niższe i dla SO₂ wynosiły 2754,6 tys. ton \times rok⁻¹, dla tlenków azotu 187,4 tys. ton \times rok⁻¹, a węglowodorów tylko 121,0 tys. ton \times rok⁻¹. Jedne i drugie dane o emisji zanieczyszczeń powietrza świadczą o niedoskonałych jeszcze metodach oceny stanu obciążenia zanieczyszczeniami powietrza w naszym kraju, gdyż poza niedokładnościami metodycznymi w ocenie własnych źródeł trujących emisji nie są podawane ilości zanieczyszczeń napływających do naszego kraju z transportu transgranicznego.

Z danych GUS (1984) wynika, że w 1983 r. emisja pyłów zmniejszyła się prawie o połowę w stosunku do 1982 r. (-92293 ton \times rok⁻¹), natomiast gazowe zanieczyszczenia powietrza wzrosły o +122047 ton \times rok⁻¹. Liczby te są jeszcze nadal dla leśnictwa niepokojące. Przez zmniejszenie zapylenia atmosfery ze względu na zawartość w pyłach związków wapnia zostaje ograniczona możliwość neutralizacji kwaśnego deszczu. Mimo to emitowane są jeszcze wielkie ilości szkodliwych metali ciężkich. Natomiast wzrost gazowych zanieczyszczeń powietrza powoduje zwiększenie uszkodzeń części nadziemnej drzewa, jak też potęguje się groźba kwaśnych opadów.

Po raz pierwszy GUS (1984) wyróżnia obszary „ekologicznego zagrożenia” w Polsce, w których mieści się 597 zakładów przemysłowych na ogólną ich liczbę 1071 (tab. 3). Duży stopień zanieczyszczenia środowiska w tych obszarach spowodowany jest wysoką ogólną emisją pyłów 1 411 793 ton \times rok⁻¹ oraz gazów ogółem 4 237 558 ton \times rok⁻¹, w tym SO₂ 2 059 307 ton \times rok⁻¹. Wśród obszarów „ekologicznego zagrożenia” wyróżniają się następujące okręgi o szczególnie wysokiej emisji pyłów i gazów, a mianowicie: szczeciński, legnicko—głogowski,

łódzki, puławski, turosszowski, tarnobrzeski, opolski, krakowski, Rybnicki Okręg Węglowy i Górnośląski Okręg Węglowy. Dane liczbowe charakterystyczne dla wysokości toksycznych emisji podane są w tabeli 3. Obszary „ekologicznego zagrożenia” rozmieszczone są na znacznym obszarze naszego kraju, przez co szkodliwy wpływ zanieczyszczeń obejmuje wielkie powierzchnie leśne. Jedynie nie zostały wymienione w tym spisie „obszary ekologicznego zagrożenia” w północno-wschodniej części kraju, gdzie stan polskich lasów jest jeszcze najlepszy. W tych obszarach zagrożenia naszego leśnictwa jakie powstały w zasięgu obszarów „ekologicznego zagrożenia” jest wielki udział emisji transgranicznych, których nie uwzględniają dane GUS (1984). Daje się to zauważyć na przykładzie danych emisji pyłów i gazów w Jeleniogórskim, która nie jest wysoka (tab. 3), a lasy na wielkich przestrzeniach Gór Izerskich zostały w wysokim stopniu zniszczone również przez działanie zanieczyszczeń powietrza z NRD (Jurek i inni 1983). Ze względu na przyszłość naszych lasów interesujące są prognozy dotyczące emisji SO_2 w Europie na najbliższe lata do 1995. W tym zakresie znaczną działalność rozwija ECE (Europejska Komisja Ekonomiczna przy Organizacji Narodów Zjednoczonych z siedzibą w Genewie) przy współpracy również innych międzynarodowych organizacji. Dwadzieścia państw w obrębie tej organizacji zobowiązało się do redukcji emisji



Ryc. 4. Proponowana redukcja emisji dwutlenku siarki w różnych krajach europejskich między początkiem lat osiemdziesiątych a 1995 r. Według Anonim 1984/85



Tabela 4

Emisja i absorpcja siarki w krajach europejskich w 1978 r. — tys. t. (wg Sondergutachten, März 1983, za Latocha 1985) *

Kraj emitujący	Kraj absorbujący									
	RFN	NRD	Francja	Polska	CSRS	Dania	Holandia	Belgia/ Luksemburg	Wlk. Bryt./ Irlandia	Szwecja połud.
RFN	760	155	124	74	66	17	45	36	15	10
NRD	196	480	39	360	323	12	9	7	7	10
Francja	167	18	327	16	14	4	10	57	22	3
Polska	20	22	7	676	139	5	2	1	2	8
CSRS	90	71	20	196	459	4	3	2	3	4
Dania	10	10	1	13	1	43	1	0	2	24
Holandia	48	8	17	6	3	2	48	15	7	1
Belgia/Luksemburg	95	12	76	8	6	3	24	53	7	2
Wlk. Brytania/Irlandia	94	25	201	26	10	17	46	35	827	11
Szwecja połud.	1	1	0	5	0	4	0	0	1	55
Norwegia połud.	0	0	0	1	0	1	0	3	0	8
Austria	10	3	3	5	18	0	0	0	0	0
Szwajcaria	8	0	7	1	1	0	0	0	0	0
Węgry	4	3	3	32	41	1	0	0	0	1
Włochy półn.	18	2	67	7	10	1	0	0	1	1
Jugosławia	6	4	6	19	21	1	0	0	1	1
Hiszpania półn.	1	0	24	0	0	0	0	0	1	0
ZSRR — cz. zach.	0	0	0	11	2	0	0	0	0	2
Rumunia	0	0	1	6	4	0	0	0	0	0
Razem absorpcja	1528	815	1423	1462	1118	115	197	209	896	141
Bilans (emisja-absorpcja)	-76	+786	-150	-354	+100	±0	-33	+92	+144	-62

[20]

Kraj emitujący	Kraj absorbujący									
	Norwegia połud.	Austria	Szwajcaria	Węgry	Włochy półn.	Jugosławia	Hiszpania półn.	ZSRR/zach.	Rumunia	Razem emisja
RFN	4	50	18	15	17	19	3	17	6	1452
NRD	4	50	4	27	11	28	1	42	11	1601
Francja	2	11	29	4	28	6	39	5	2	1273
Polska	2	13	1	43	6	23	0	120	18	1108
CSRS	1	67	4	132	14	64	1	46	37	1218
Dania	4	0	0	0	0	0	0	6	0	115
Holandia	1	1	1	1	1	1	1	2	0	164
Belgia/Luksemburg	1	3	2	1	2	2	1	2	1	301
Wlk. Brytania/Irlandia	10	5	4	3	3	5	6	10	2	1340
Szwecja połud.	5	0	0	0	0	0	0	7	0	79
Norwegia połud.	10	0	0	0	0	0	0	1	0	24
Austria	0	54	2	27	13	36	0	2	4	177
Szwajcaria	0	3	17	0	9	1	0	0	0	47
Węgry	0	13	1	229	8	120	0	22	101	579
Włochy półn.	0	33	48	13	904	76	1	3	6	1191
Jugosławia	0	29	2	94	47	715	0	9	64	1019
Hiszpania półn.	0	0	0	0	1	0	72	0	0	99
ZSRR — cz. zach.	0	0	0	2	0	1	0	76	8	102
Rumunia	0	1	0	16	1	45	0	9	124	207
Razem absorpcja	44	313	133	607	1065	1142	125	379	384	12096
Bilans emisja-absorpcja)	-20	-136	-86	-28	+126	-123	-26	-277	-177	±0

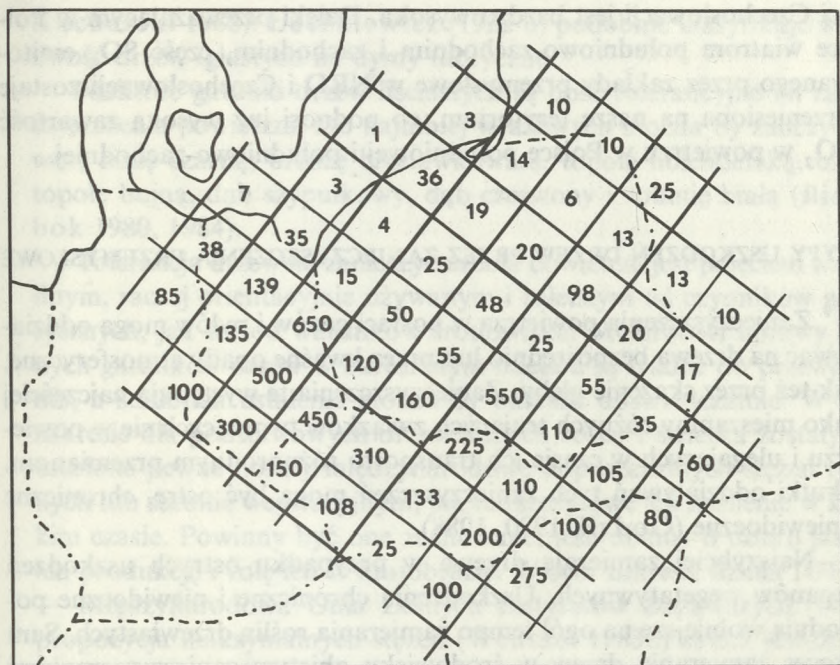
dwutlenku siarki o 30% do 1993—1995 roku (Anonim 1984/1985). Polska ratyfikowała w 1985 r. Konwencję o Transgranicznym Zanieczyszczeniu Powietrza na Dalekie Odległości (Latocha 1985). Międzynarodowe uzgodnienia w zakresie redukcji SO_2 różnych krajów europejskich przedstawiono na rycinie 4.

Obok wymienionych metod określenia obciążenia środowiska przez zanieczyszczenia powietrza, opracowywana jest przez Molskiego i Dmuchowskiego (1984) ocena wysokości obciążenia terenów rolniczo-leśnych zanieczyszczeniami atmosfery, na podstawie akumulacji siarki, fluoru i wybranych metali w igłach sosny zwyczajnej. Wybór sosny zwyczajnej dla tych badań okazał się bardzo przydatny dla potrzeb leśnictwa, gdyż gatunek ten jest podstawą naszej produkcji leśnej, a cechuje go znaczna wrażliwość na przemysłowe zanieczyszczenia powietrza. Dotychczasowe analizy, jak wykazali ci autorzy, dowiodły istnienia dużych różnic w zawartości zanieczyszczeń (siarka) w igłach tego gatunku drzewa.

Ekspertyza opracowana przez zespół pod kierunkiem Judy dotycząca 1978 r. według Latocha (1985) wykazała, że w całej południowo-zachodniej Polsce poważnym źródłem zanieczyszczeń atmosfery związkami siarki są zakłady przemysłowe NRD, które oddziałują na roślinność drzewiastą województw: zielonogórskiego, jeleniogórskiego, legnickiego, wałbrzyskiego, części województwa gorzowskiego, opolskiego, katowickiego i bielskiego.

Dalsze źródła zanieczyszczeń powietrza przez SO_2 pochodzą z obiektów przemysłowych położonych w rejonie Ostrawy, Mladá Boleslav-Hradec, Králové. Obejmują one swym oddziaływaniem przede wszystkim województwa opolskie, katowickie i bielskie (Juda 1978 według Latocha 1985).

Bogate materiały dotyczące przenoszenia zanieczyszczeń powietrza (związki siarki) na dalekie odległości w 1978 r. zamieszczone są w Sondergutachten März (1983) (tab. 4). Z danych tych wynika, że spośród sąsiadujących z nami krajów największe ilości związków siarki otrzymaliśmy z NRD, bo 360 tys. ton, z Czechosłowacji 196 tys. ton, a następnie z RFN 74 tys. ton, z Wielkiej Brytanii (Irlandii) 26 tys. ton, z Węgier 32 tys. ton, a z ZSRR 11 tys. ton. Należy tu zwrócić uwagę, na przykładzie Wielkiej Brytanii i Jugosławii (tab. 4), na jak



Ryc. 5. Roczna emisja SO_2 (w 10^3 tonach S) w układach kwadratów o boku 127 km na 60° długości geograficznej N, na podstawie danych z 1973 r. Według OECD 1979 i Godzika 1984

wielkie odległości mogą być przesyłane związki siarki. Z danych tych wynika też, że na teren Polski napływa więcej związków siarki z obcych krajów niż nasz kraj emituje. Związki siarki transportowane na dalekie odległości opadają w postaci mokrej, co jest szczególnie niebezpieczne dla lasów iglastych.

Wyjaśnienie przyczyn zagrożeń dla naszych lasów pochodzące z transportu związków siarki „Transgranicznych Zanieczyszczeń Powietrza na Dalekie Odległości” (Latocha 1985) (Long Range Transport of Air Pollutants, LRTAP) daje mapka Polski, Czechosłowacji i NRD z oznaczeniem rocznej emisji SO_2 w układzie kwadratów o boku 127 km na 60° N szerokości geograficznej, na podstawie danych z 1973 r. (OECD 1979) według Godzika (1982) (ryc. 5).

Emisja SO_2 w południowej części NRD i północno-zachodniej czę-

ści Czechosłowacji jest bardzo wysoka. Dzięki przeważającym w Polsce wiatrom południowo-zachodnim i zachodnim, część SO_2 emitowanego przez zakłady przemysłowe w NRD i Czechosłowacji zostaje przeniesiona na nasze terytorium, co podnosi już wysoką zawartość SO_2 w powietrzu w Polsce południowej i południowo-zachodniej.

TYPY USZKODZEŃ DRZEW PRZEZ ZANIECZYSZCZENIA PRZEMYSŁOWE

Zanieczyszczenia powietrza w postaci gazów i pyłów mogą oddziaływać na drzewa bezpośrednio lub przez kwaśne opady atmosferyczne, jak też przez skażenie gleby. Zanieczyszczenia te występują najczęściej jako mieszaniny różnych trujących związków tworzących się w powietrzu i ulegających w czasie ich transportu różnorodnym przemianom. Skutki oddziaływań tych zanieczyszczeń mogą być ostre, chroniczne i niewidoczne (Godzik 1980, 1988).

Najszybciej zamierają drzewa w przypadku ostrych uszkodzeń organów wegetatywnych. Uszkodzenia chroniczne i niewidoczne powodują wolniejsze na ogół tempo zamierania roślin drzewiastych. Sam proces zamierania drzew w środowisku objętym zanieczyszczeniami powietrza zależy od wielu czynników, jak np. składu chemicznego substancji trujących, ich dawki, gatunku drzew, pory roku, warunków klimatycznych, ukształtowania powierzchni ziemi, typu ekosystemu i jeszcze wielu innych czynników.

Opisany w wielkim skrócie charakter naszych lasów i ich struktura czynią je bardzo podatnymi na działanie zanieczyszczeń powietrza jakie emituje nasz rodzimy przemysł i najbliższych sąsiadów. Pod względem wytrzymałości na zanieczyszczenia powietrza, rodzime gatunki drzew leśnych można by ułożyć w następującej kolejności: od najbardziej do najmniej wrażliwych na SO_2 : jodła pospolita, świerk pospolity, sosna zwyczajna, modrzew europejski (Białobok 1980). Wrażliwość drzew iglastych na mieszaninę gazów SO_2 i NO_x może być większa na poszczególne te gazy (Białobok 1984). Szczególnie toksyczne dla drzew iglastych są związki fluoru, a jedynie wśród nich modrzew japoński i prawdopodobnie dagleżja zielona są mniej wrażliwe na te substancje (Białobok 1984, Łukasiewicz 1988, Marchwińska,

Kucharski 1988). Łuczkiwicz (1922 b) podobnie klasyfikuje wrażliwość drzew iglastych na dymy fabryczne.

Niektóre gatunki drzew liściastych są dość tolerancyjne na zanieczyszczenia powietrza. Do najmniej wrażliwych można by zaliczyć jawor, olszę czarną, brzozę brodawkowatą, topolę holenderską, osikę, topolę bujną, dąb szypułkowy, dąb czerwony i robinie białą (Białobok 1980, 1984).

Tolerancja drzew na zanieczyszczenia powietrza jest pojęciem względnym, raczej orientacyjnie używanym i zależnym od czynników genetycznych, jak też od warunków środowiska. Możliwości uprawy różnych gatunków drzew w określonym miejscu są trudne do przewidzenia, a ściśle ich ustalenie można by określić doświadczalnie. W tym zakresie dla podstawowych drzew leśnych sosny i świerka zostały już ustalone pewne normy międzynarodowe dopuszczalnych stężeń rocznych lub sezonie wegetacyjnym, jak też szczytowe ich nasilenie w krótkim czasie. Powinny być one zachowane, jeśli dbamy o dobro lasów, ich produkcję i rolę ich w krajobrazie. W tym zakresie działa IUFRO — Międzynarodowa Unia Leśnych Instytutów Badawczych. Nowa propozycja maksymalnych stężeń (Wentzel 1983b) zaleca jeszcze ich obniżenie dla niektórych rejonów leśnych w Europie.

SKUTKI ODDZIAŁYWANIA ZANIECZYSZCZEŃ POWIETRZA NA LASY W POLSCE

W ostatnich latach opublikowano wiele materiałów dotyczących skutków oddziaływania zanieczyszczeń powietrza na lasy w Polsce. Dotyczyły one powierzchni i stopnia uszkodzenia drzewostanów, jak też i zmniejszenia masy drzewostanów w strefach zagrożonych. Konieczne jest przeto kolejne ich omówienie.

Konkretna ocena stopnia zagrożenia i straty w produkcji lasów w Polsce na skutek szkodliwego oddziaływania zanieczyszczeń powietrza została opublikowana przez GUS (1981) i dotyczyła ich stanu w 1980 r. (tab. 5). Dane te wniosły wiele nowych informacji o obecnym stanie naszych lasów. Obok ogólnej powierzchni drzewostanów zagrożonych w poszczególnych OZLP (Okręgowe Zarządy Lasów Pań-

Tabela 5

Powierzchnia i masa drzewostanów zagrożonych szkodliwym oddziaływaniem pyłów i gazów przemysłowych w 1980 r. Stan w końcu roku (wg GUS 1981, tabl. 17 (195) s. 220)

Okręgowe zarządy lasów państwowych	Powierzchnia drzewostanów zagrożonych ^a					Masa drzewostanów zagrożonych			
	razem		strefa zagrożenia			razem	strefa zagrożenia		
	w hektarach	w % ogólnej powierzchni	I (uszkodz. słabe)	II (uszkodz. średnie)	III (uszkodz. silne)		I (uszkodz. słabe)	II (uszkodz. średnie)	III (uszkodz. silne)
	w hektarach					w tysiącach m ³			
Ogółem	382387	5,7	247244	108904	26239	48819	34484	12093	2242
Białystok	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Katowice	185000	31,5	66033	94272	24695	21573	9423	10086	2064
Kraków	36003	10,5	35298	705	—	4933	4861	72	—
Krosno	848	0,2	531	317	—	151	97	54	—
Lublin	62126	13,4	56852	4752	522	9482	8729	683	70
Łódź	8558	2,3	6839	1670	49	1291	1052	235	4
Olsztyn	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Piła	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Poznań	8562	2,2	8208	254	100	765	718	37	10
Szczecin	875	0,1	735	103	37	76	66	5	5
Szczecinek	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Toruń	34195	5,7	33443	684	68	4644	4562	80	2
Wrocław	21210	4,4	16567	3875	768	3281	2596	598	87
Zielona Góra	25010	6,1	22738	2272	—	2623	2380	243	—

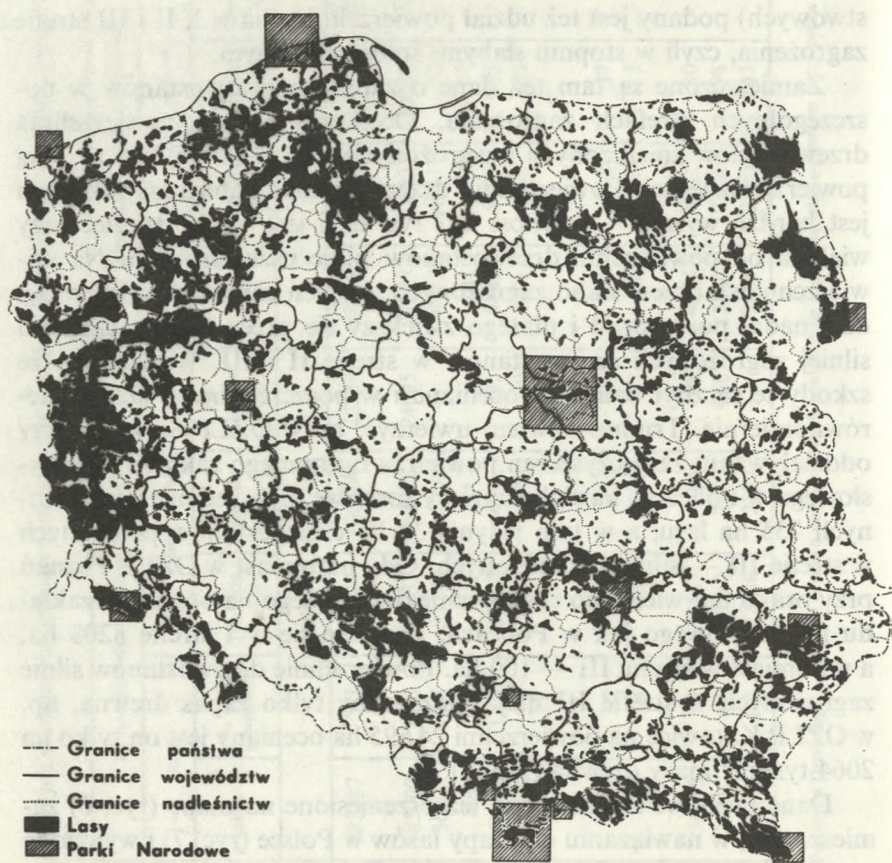
^a W lasach pod zarządem Min. Leśnictwa i Przemysłu Drzewnego — ponadto w lasach niepaństwowych powierzchnię zagrożoną oddziaływaniem emisji pyłów i gazów oszacowano w 1980 r. na ok. 100 tys. ha.

stwowych) podany jest też udział powierzchni w ha w I, II i III strefie zagrożenia, czyli w stopniu słabym, średnim i silnym.

Zamieszczone są tam też dane o zapasach drzewostanów w poszczególnych strefach zagrożenia. Oceniona została powierzchnia drzewostanów zniszczonych i zagrożonych na 382 387 (5,7%) ogólnej powierzchni leśnej. Powierzchnia drzewostanów słabo uszkodzonych jest bardzo wysoka — wynosi 247 tys. ha i jest około dziesięć razy większa od powierzchni drzewostanów silnie uszkodzonych. Na powierzchniach drzew słabo zagrożonych, stopień zamierania drzew będzie nadal postępował i dlatego zwiększy się przez to powierzchnia silniej zagrożonych drzewostanów w strefie II i III. Wydaje się, że szkody te są zbyt ostrożnie oceniane i w poszczególnych OZLP nierównomiernie. Trudno bowiem uwierzyć, by w OZLP Szczecin przy oddziaływaniu zanieczyszczeń powietrza ogromnego zakładu przemysłowego w Policach, na słabe uprawy sosnowe, było jedynie uszkodzonych 735 ha lasu, a w tym jedynie 37 ha drzewostanów położonych w strefie III — silnie uszkodzonych. Gdy natomiast w OZLP Poznań przy braku tak wielkiego i toksycznie działającego na otoczenie zakładu przemysłowego jak w Policach, znajduje się w I strefie 8208 ha, a natomiast w strefie III — 100 ha. Powierzchnie drzewostanów silnie zagrożonych w strefie III mają nieznaczny tylko zapas drewna, np. w OZLP Katowice na powierzchni 24 695 ha oceniany jest on tylko na 2064 tys. m³ masy drewna (tab. 5).

Dane liczbowe z tabeli 5 są też przeniesione na mapę (ryc. 6) zamieszczoną w nawiązaniu do mapy lasów w Polsce (ryc. 7) i wyrażone zostały w formie umownych znaków. Ten sposób zestawienia daje lepszy pogląd na rozmieszczenie lasów i ich stopień zagrożenia w poszczególnych OZLP, przez zanieczyszczenia powietrza (GUS 1981).

Następne materiały dotyczące stanu zdrowotnego i sanitarnego lasu w świetle wyników inwentaryzacji wielkopowierzchniowej zebrano w 1983 r. (Smykała 1984). Podano w tym opracowaniu ogólny obraz zniszczeń naszych lasów, który ocenia autor w następujących słowach „Zgodny jest na ogół pogląd, że stan zdrowotny i sanitarny lasu jest wysoce niezadowolający. Dostrzegalnym tego symptomem jest wzmożone wydzielanie się posuszu. Zjawisko to regionalnie nabiera cech katastrof ekologicznych, co wyraża się między innymi obumieraniem



Ryc. 6. Rozmieszczenie lasów w Polsce. Według GUS 1981

całych partii drzewostanów (np. Sudety Zachodnie, Pomorze Środkowe). Fakty obumierania drzewostanów zarejestrowane również w innych krajach europejskich (np. CSRS, NRD, RFN) świadczą o coraz to większym zagrożeniu ekosystemów leśnych powodującym zmniejszanie się biologicznej odporności i produktywności, wskazują także na poważne zagrożenie egzystencji lasów”.

Ocena tych danych o stanie zdrowotnym naszych lasów jest nader pouczająca, szczególnie dotyczy to danych liczbowych o udziale drzew zdrowych w lasach poszczególnych OZLP.



Ryc. 7. Strefy zagrożenia lasów szkodliwym oddziaływaniem emisji pyłów i gazów w 1980 r. Według GUS 1981

Chociaż średni udział drzew zdrowych w Polsce wynosi 78% (Smykała 1984), to jednak w przypadku niektórych OZLP (Toruń, Szczecinek, Piła) stan ten wynosi około 50% i poniżej tej liczby, co może być określone mianem klęski ekologicznej. Natomiast w OZLP Szczecin, Zielona Góra i Katowice, udział drzew żywych wynosi 60–80% i jest „bliski stanu klęskowego”, jak to określił Smykała (1984). Autor ten ocenia stan drzewostanów świerkowych „jako wręcz katastrofalny”. Zasięg szczególnego zagrożenia obejmuje tereny OZLP Szczecinek, Piła, Toruń, Szczecin, Poznań, Olsztyn i Gdańsk, gdzie udział drzew zdrowych waha się od 11% w OZLP Szczecinek do 62% w OZLP Gdańsk. Stan silnego zagrożenia lasów w części północnej i środko-

wej Polski pokrywa się na ogół z zasięgiem terenów dotkniętych gradacją brudnicy mniszki w latach 1976—1983 z wyjątkiem tych terenów, które są dotknięte oddziaływaniem szkodliwych emisji przemysłowych w południowej i południowo-zachodniej Polsce (Smykała 1984).

Na południu Polski również stan drzewostanów świerkowych jest niepokojący. W OZLP Wrocław, jak podaje Smykała (1984), „występuje lokalne katastrofalne zagrożenie (N-ctwo Świeradów i Szklarska Poręba), co w prezentowanym materiale — z uwagi na przyjęte założenia metodyczne — nie znajduje odpowiedniego odzwierciedlenia”.

Poza szkodami powodowanymi przez toksyczne emisje pyłów i gazów, rozwój przemysłu wydobywczego, ciężkiego, chemicznego i energetycznego w Polsce jest również przyczyną powstania zagrożeń dla lasów. Z powodu działania tych gałęzi przemysłu, powstają znaczne powierzchnie halizn jak też zapadlisk, na ogół nadmiernie zawilgoconych, jak też terenów zbyt przesuszonych, na skutek prac wydobywczych (np. węgla brunatnego). Obszary te obejmują też powierzchnie leśne i stanowią mało przydatne tereny dla zalesień. Jest ich w porównaniu z ogólną powierzchnią leśną objętą zagrożeniami spowodowanymi przez działanie pyłów i gazów przemysłowych niewiele, bo ponad 34 tys. ha (GUS 1984), ale przedstawiają na tyle wielką powierzchnię, by uznać ją za ważną z punktu widzenia ogólnych potrzeb leśnictwa.

Ocena zniszczeń i zagrożeń lasów w Polsce przez zanieczyszczenia powietrza jest konieczna dla otrzymania aktualnego obrazu stanu gospodarki leśnej w naszym kraju. Dlatego też dokonanie najnowszej analizy (Bosiak 1985) stopnia zagrożenia lasów przez zanieczyszczenia powietrza daje potrzebne gospodarce leśnej dane dla śledzenia postępujących skutków tego procesu (tab. 6).

Ogólna powierzchnia lasów zagrożona przez zanieczyszczenia przemysłowe powietrza w obrębie OZLP wynosi już 654 528 ha, rozmieszczonych w I, II, III strefach zagrożeń (Bosiak 1985). W obrębie tej powierzchni największy obszar 248 611 ha (34,2%) przypada na lasy OZLP Katowice, następnie kolejno w zarządach Lublin 84 136 ha (10%), Wrocław 79 435 ha (15,1%), Toruń 73 304 ha (15,6%), Kraków 49 540 ha (13,0%), Zielona Góra 40 454 ha (9,5%), Łódź

35 692 ha (7,5%). Lasy w innych OZLP są znacznie mniej zagrożone w poszczególnych strefach zagrożeń.

Stopień zniszczeń i zagrożeń lasów w poszczególnych OZLP uzależniony jest od liczby jak też od wielkości uciążliwych dla otoczenia zakładów przemysłowych (tab. 6). W niektórych przypadkach przyczyną wielkich szkód w lasach nie jest liczba zakładów przemysłowych, ale ich wielkość i wysokość produkcji substancji toksycznych, np. w OZLP Lublin, Zakłady Azotowe w Puławach.

Nie tylko w obrębie starych okręgów przemysłowych (GOP), ale również obok nowo powstałych wielkich zakładów przemysłowych po drugiej wojnie światowej, wystąpiły znaczne zniszczenia lasów jak zaistniało to w puławskim, krakowskim, Legnicko-Głogowskim Okręgu Przemysłowym i in. W niektórych OZLP, gdzie zlokalizowane są podawane powierzchnie leśne w III strefie zagrożenia (tab. 6).

Tabela 6

Powierzchnia lasów zagrożonych przez zanieczyszczenia powietrza atmosferycznego wg OZLP w 1983 r. (wg Bosiaka 1985)

OZLP	Powierzchnia lasów w ha	Powierzchnia wg stref zagrożenia w ha				Procent lasów w I-III strefie zagrożenia	Liczba zakładów przemysłowych uciążliwych dla lasów (wg danych OZLP)
		I	II	III	razem		
Białystok	780619	—	—	—	—	—	—
Gdańsk	310369	113	—	—	113	0,0	—
Katowice	727076	99138	132267	17196	248601	34,2	288
Kraków	379834	48222	1138	180	49540	13,0	38
Krosno	520939	6079	624	—	6703	1,3	6
Lublin	837076	74454	8014	668	84136	10,0	82
Łódź	473429	33944	1699	49	35692	7,5	10
Olsztyn	745880	5679	—	—	5679	0,8	4
Piła	327080	397	143	—	540	0,2	3
Poznań	476723	10781	380	157	11318	2,4	22
Radom	399185	14097	1508	—	15605	3,9	37
Szczecin	648418	1756	1110	542	3408	0,5	3
Szczecinek	599988	—	—	—	—	—	12
Toruń	469368	72170	1096	38	73304	15,6	43
Wrocław	524704	17796	44491	17148	79435	15,1	185
Zielona Góra	426047	34483	5657	314	40454	9,5	19
Ogółem	8646735	419109	199127	36292	654528	7,6	752

Tabela 7

Powierzchnia lasów zagrożonych przez zanieczyszczenia powietrza atmosferycznego wg województw w 1983 r. (wg Bosiała 1985)

Województwo	Powierzchnia ogólna lasów w ha	Powierzchnia w strefie zagrożenia w ha				Procent lasów w I—III strefie zagrożenia
		I	II	III	Razem	
Stołeczne warszawskie	86000	—	—	—	—	—
Białkopodlaskie	119000	1765	—	—	1765	1,5
Białostockie	306000	—	—	—	—	—
Bielskie	136000	27671	10632	—	38303	28,2
Bydgoskie	309000	35774	850	4	36628	11,8
Chełmskie	92000	4765	—	—	4765	5,2
Cięchanowskie	104000	—	—	—	—	—
Częstochowskie	191000	15657	29473	521	45651	23,9
Elbląskie	105000	—	—	—	—	—
Gdańskie	244000	90	—	—	90	0,0
Gorzowskie	378000	372	—	—	372	0,1
Jeleniogórskie	171000	2742	32833	16414	51989	30,4
Kaliskie	150000	244	—	—	244	0,2
Katowickie	184000	45312	85336	14145	144793	78,7
Kieleckie	246000	13149	1508	—	14657	6,0
Konińskie	76000	3508	38	—	3546	4,7
Koszalińskie	313000	—	—	—	—	—
Miejskie krakowskie	54000	28011	1138	180	29329	54,3
Krośnieńskie	270000	—	—	—	—	—
Legnickie	98000	9284	7751	321	17356	17,7
Leszczyńskie	81000	5438	32	—	5470	6,7

Lubelskie	108000	17266	7842	668	25776	23,9
Łomżyńskie	140000	—	—	—	—	—
Miejskie łódzkie	22000	5140	—	—	5140	23,4
Nowosądeckie	237000	860	—	—	860	0,4
Olsztyńskie	378000	1078	—	—	1078	0,3
Opolskie	217000	10499	6828	2530	19857	9,2
Ostrołęckie	197000	4601	—	—	4601	2,3
Piłskie	327000	397	143	—	540	0,2
Piotrkowskie	164000	18992	1369	49	20437	12,5
Płockie	60000	6603	—	—	6603	11,0
Poznańskie	171000	1591	310	157	2058	1,2
Przemyskie	144000	—	—	—	—	—
Radomskie	158000	949	—	—	949	0,6
Rzeszowskie	105000	6091	624	—	6715	6,4
Siedleckie	185000	—	—	—	—	—
Sieradzkie	92000	3205	303	—	3508	3,8
Skiernewickie	51000	—	—	—	—	—
Słupskie	311000	23	—	—	23	0,0
Suwalskie	335000	—	—	—	—	—
Szczecińskie	27000	1384	1110	542	3036	1,1
Tarnobrzeskie	180000	50396	925	—	51321	28,5
Tarnowskie	81000	19342	—	—	19342	23,9
Toruńskie	94000	21537	213	35	21785	23,2
Wałbrzyskie	122000	3559	3559	340	7458	6,1
Włocławskie	70000	14857	32	—	14889	21,3
Wrocławskie	134000	2211	347	72	2630	2,0
Zamojskie	155000	262	247	—	509	0,3
Zielonogórskie	426000	34484	5657	314	40455	9,5
✓ Razem kraj	8647000	419109	199127	36292	654528	7,6

Nowo opracowany obraz zniszczeń lasów (Bosiak 1985, tab. 6) wykazuje w stosunku do poprzedniego opracowania stanu ich zagrożenia (GUS 1981), powstanie znacznie większych powierzchni leśnych będących pod presją przemysłowych zanieczyszczeń powietrza w poszczególnych OZLP.

Powiększyła się w obrębie poszczególnych OZLP powierzchnia zagrożonych lasów, jak też przybyły nowe zagrożone przestrzenie leśne, nie podawane w uprzednim zestawieniu GUS 1981, a to w OZLP Gdańsk i Radom (tab. 5 i 6).

Dla czytelnika nie zorientowanego w zasięgu poszczególnych OZLP, bardziej przemawiające do jego wyobraźni będą zestawienia powierzchni zagrożonych lasów przez zanieczyszczenia powietrza według województw (Bosiak 1985, tab. 7). Największe powierzchnie zajmują zniszczone i zagrożone lasy w następujących województwach: bielskie 38 303 ha, bydgoskie 36 628 ha, częstochowskie 45 651 ha, jeleniogórskie 51 989 ha, katowickie 144 793 ha, miejskie krakowskie 29 329 ha, lubelskie 25 776 ha, piotrkowskie 20 437 ha, tarnobrzeskie 51 321 ha, toruńskie 21 785 i zielonogórskie 40 455 ha.

Jest to nieco inny obraz rozmieszczenia powierzchni leśnych objętych szkodami spowodowanymi przez zanieczyszczenia powietrza w Polsce, niż przedstawiony uprzednio według OZLP. Z tego zestawienia jaśniej widać, że w naszym kraju w większości województw występują znaczne zagrożenia lasów. Jest to zjawisko bardzo niepokojące i świadczy o wadach w planowaniu przestrzennym przemysłu i braku zabezpieczenia przed emitowaniem szkodliwych substancji do środowiska. Zostanie nam w niedługim czasie niewiele takich przestrzeni leśnych, których nie dotknęłyby szkodliwe skutki zanieczyszczeń powietrza, które mogłyby być wykorzystane dla potrzeb produkcji leśnej, wypoczynku i rekreacji.

PRZEMIANY ZACHODZĄCE W LASACH POŁOŻONYCH W OKRĘGACH PRZEMYSŁOWYCH NA PRZYKŁADZIE PUSZCZY NIEPOŁOMICKIEJ

Dotychczas charakteryzowano pod względem statystycznym ilościowe zmiany zachodzące w lasach polskich, powstałe na skutek oddziaływania zanieczyszczeń powietrza. Zwrócono uwagę na stan za-

grożenia lasów w różnych regionach kraju w zależności od stopnia skupienia w nich ośrodków przemysłowych. Należałoby w tym artykule przedstawić w koniecznym skrócie reakcje jakie zachodzą w ekosystemach leśnych pod wpływem zanieczyszczeń powietrza. Dlatego postanowiłem omówić niektóre wyniki prac ekologicznych, jakie były prowadzone w Puszczy Niepołomickiej, znajdującej się pod wpływem Kombinatu Hutniczego (Grodziński i in. 1984). Badania te wskazały na bardzo skomplikowany proces tych wpływów i reakcji zachodzących w lasach puszczańskich i pozwoliły na lepsze zrozumienie zjawiska zamierania drzew i lasu. W badaniach tych uczestniczyło 52 pracowników, wobec czego nie jest możliwe w krótkim omówieniu wyników tych prac przytaczanie nazwisk autorów poszczególnych rozdziałów lub ich podrozdziałów, podano przeto tylko nazwiska redaktorów publikacji.

Dla charakterystyki zmian zachodzących pod wpływem zanieczyszczeń powietrza krakowskiej aglomeracji miejsko-przemysłowej, omówione zostały szczegółowo warunki klimatyczne, glebowe i florystyczne Puszczy. Charakterystyczną cechą Puszczy Niepołomickiej w odróżnieniu od innych kompleksów leśnych położonych w pobliżu wielkich okręgów przemysłowych, stanowią jej żyzne siedliska oraz wielka powierzchnia kompleksu leśnego. Sosna zwyczajna stanowi w nim 71%, dąb 18%, a olsza 11%. Zaburzenia systemu wodnego spowodowane pracami melioracyjnymi i bliskim sąsiedztwem koryta Wisły, odbiły się niekorzystnie na składzie gatunkowym tej fitocenozy leśnej. Badania prowadzone w tych zbiorowiskach roślinnych doprowadziły do określenia stref biologicznych, opracowanych na podstawie flory porostów.

Osadzenie siarki na obszarze tego kompleksu leśnego wynosi rocznie $667,52 \text{ t} \times \text{rok}^{-1}$, czyli średnio $6,03 \text{ g} \times \text{m}^{-2} \times \text{rok}^{-1}$, z czego suche osadzenie osiągnęło wartość $3,78 \text{ g} \times \text{m}^{-2} \times \text{rok}^{-1}$. Opad pyłów rocznie oceniono na około 6480 t, a średnio $59 \text{ t} \times \text{km}^{-2}$, którego składniki są w wysokim stopniu rozpuszczalne w wodzie (24—45% w stosunku wagowym). Stwierdzono też osadzanie się na tym terenie związków metali żelaza, cynku, ołowiu, manganu, miedzi, kadmu i niklu. Średni opad pyłów był większy w ciepłym okresie roku jak w zimowym.

Obszary skażenia Puszczy metalami ciężkimi ustalono za pomocą mchu *Pleurozium schreberi*. Określono też stopień uszkodzenia igieł sosny zwyczajnej i zawartość w nich ogólnej siarki oraz oznaczono pH kory drzew. Dzięki kompleksowym badaniom można było zbilansować wpływ zanieczyszczeń powietrza na roślinność Puszczy, ustalić dopływ składników emisji do gleby tej fitocenozy, jak też wyjście ich z tego obszaru.

Obecna produktywność lasów puszczańskich jest w zasadzie niższa niż to było w przeszłości przed ingerencją huty w życie lasu. Obecnie istniejącą biomasę warstwy nadziemnej drzew i krzewów z liśćmi i igłami ustalono na 1 115 000 t, z czego 767 000 t przypada na bór sosnowy, 264 000 na dąbrowę i 84 000 t na olszynę. Roczna produkcja czystego tlenu na drzewostan sosny wynosi $8,7 \text{ t} \times \text{ha}^{-1}$, a 10,1 t na drzewa liściaste. Cały kompleks leśny produkuje $91\,200 \text{ t}$ ($78,4 \text{ t} \times 10^6 \times \text{m}^{-2}$) tlenu na rok. Potencjalna energia tej fitocenozy może być wyrażona pierwotną produkcją. Roczna produkcję drzewostanu w Puszczy (drewno i liście czy igły warstwy nadziemnej i podziemnej) ustalono na poziomie 65 400 t suchej masy albo średnio $5,8 \text{ t} \times \text{ha}^{-1}$ suchej masy. Natomiast roczna produktywność części nadziemnej roślinności zielonej wynosi 6 530 t suchej masy, z czego na bór sosnowy przypada 4 200 t, a reszta na zbiorowiska drzew liściastych.

Ustalono stopień zatrucia metalami ciężkimi Puszczy, jak też ich akumulację w tym środowisku. Większość metali ciężkich nie została odprowadzona z wodami bieżącymi i pozostała w środowisku leśnym. Najczęściej substancje mineralne i organiczne związków były transportowane przy wysokich sezonowych poziomach wód.

W publikacji tej została opracowana też synteza badań przepływu energii oraz krążenia i akumulacji materii i składników zanieczyszczeń powietrza w środowisku puszczańskim. Badania te pozwolą na stworzenie możliwości przewidywania, jaki wpływ będą wywierały na ten ekosystem w przyszłości niekontrolowane czynniki ekologiczne.

Istniejące zbiorowiska leśne wymagają przebudowy dla lepszego dostosowania ich do istniejących siedlisk i ich stopnia zatrucia przez zanieczyszczenia powietrza. Przyszłe uprawy leśne powinny być bardziej zróżnicowane i pod względem składu gatunkowego, co czyniłoby je bardziej odporne na presję czynników biotycznych i abiotycznych

w tym środowisku. Istnieje konieczność zmniejszenia udziału sosny do 45%, a zwiększenia upraw drzew liściastych bardziej tolerancyjnych na zanieczyszczenia powietrza jak dąb szypułkowy, jawor, olsza czarna, a z drzew iglastych modrzew europejski i japoński oraz sosna czarna. Wydaje się też celowe założenie plantacji nasiennych sosny zwyczajnej z osobników produktywnych i doborowych oraz bardziej tolerancyjnych na zanieczyszczenia powietrza, pochodzących z miejscowych proveniencji.

Jednak zabiegi związane z przebudową drzewostanu Puszczy przyniosą nieznaczny efekt, jeśli nie nastąpi ograniczenie emisji zanieczyszczeń powietrza nie tylko krakowskiej aglomeracji miejsko-przemysłowej, ale również napływających z GOP. Zmniejszenie emitowanych do Puszczy szkodliwych związków powinno przynajmniej osiągnąć poziom proponowany przez IUFRO.

Są to trudne zagadnienia dla realizowania przez gospodarkę leśną, ponieważ przy zachodniej cyrkulacji mas powietrza na teren Puszczy napływają znaczne ilości zanieczyszczeń powietrza z Czechosłowacji i NRD. Międzynarodowe restrykcje w tym zakresie wydają się konieczne w celu zmniejszenia naszych szkód w gospodarce leśnej, szczególnie w stosunku do największych emitorów zanieczyszczeń powietrza.

Wydaje się z tego krótkiego przeglądu badań procesów zachodzących w ekosystemie leśnym znajdującym się pod wpływem dużego źródła zanieczyszczeń powietrza, jak bardzo są to skomplikowane zjawiska, obejmujące dużą skalę czynników ekologicznych.

ZAGADNIENIE ZAMIERANIA LASÓW

W całej Europie wystąpił proces zamierania lasów. W niektórych krajach pojawił się on w tak ostrej formie, że zjawisko to stało się ważnym zagadnieniem państwowym. Poświęca mu się wiele studiów i publikacji. Zamierają nie tylko drzewa iglaste, jak jodła pospolita, świerk pospolity i sosna zwyczajna, ale również i drzewa liściaste, jak dąb szypułkowy, buk zwyczajny, brzoza brodawkowata i inne.

Zamieranie jodły obserwowano od 200 lat, ale w przeszłości proces ten występował sporadycznie w różnych krajach i zamierały głównie

drzewa starsze. Obecnie, zjawiska zamierania jodły obserwuje się również w drzewostanach młodych. Najważniejsze symptomy zamierania części nadziemnych jodeł objawiają się poprzez przerzedzanie korony, spowodowane zasychaniem i opadaniem igieł, usychaniem gałęzi oraz przedwczesnym zróżnicowaniem się tzw. „bocianiego gniazda” na wierzchołku drzewa (Jaworski, Zarzycki 1983, Schütt i in. 1983).

ŚWIERK POSPOLITY

Chore świerki charakteryzują się znacznym rozrzedzeniem korony, spowodowanym opadaniem igieł. Pojawiają się pędy skrócone, o krótszych, cieńszych żółknących igłach, które następnie brunatnieją (Jurk i in. 1983). U chorych świerków obserwuje się również martwe drobne korzenie. Zanikają też masowo korzenie mikoryzowe (Schütt i in. 1983).

SOSNA ZWYCZAJNA

U około 7% drzew w RFN spostrzega się występowanie objawów chorobowych. Występują one w dwu formach. Na glebach bogatych w węglan wapnia pojawia się trwałe żółknięcie igieł, które są znacznie krótsze od normalnych. Drzewa mają słaby wzrost i cienkie pierścienie przyrostu rocznego. Natomiast na glebach ubogich w węglan wapnia igły mają wierzchołkowe i punktowe nekrozy, stają się krótsze, jak również nadmiernie opadają. Na młodych pędach występują uszkodzenia kory (Schütt i in. 1983). W Polsce, w uprawach objętych wpływami przemysłowych zanieczyszczeń powietrza, obserwuje się również schorzenia sosny zwyczajnej o niektórych objawach podobnych do wyżej podanych.

BUK ZWYCZAJNY

Największe zniszczenia drzewostanów bukowych znajdują się na obszarze zetknięcia się granic Czechosłowacji, NRD i RFN. Najsilniej występują schorzenia drzew w wieku 80 lat. Objawy chorobowe są

liczne, jak np. masowe opadanie zielonych i żółknących liści, zwijanie się liści położonych na końcach gałęzi, zasychanie gałęzi i konarów, pojawianie się licznych krótkopędów, odpadanie kory. Zamiera również w pędach rdzeń (Schütt i in. 1983).

W wyższych położeniach górskich podobne objawy schorzenia występują u jaworu, jesionu wyniosłego, jak też brzozy brodawkowatej

Tabela 8

Szkody w lasach Europy powodowane przez zanieczyszczenie powietrza (wg FAO Timber Committee 1984; wg Bosiała 1985)

Kraj	Powierzchnia lasów uszkodzonych w tys. ha		Procent lasów uszkodzonych w 1984 r.
	1982 r.	1984 r.	
Austria	200	330	10
Czechosłowacja	450	450	10
Holandia	10	100	34
Luksemburg	—	30	37
NRD	350	350	14
RFN	560	2550	37
Polska	600	654	8
Szwajcaria	30	140	17
Belgia	10	20	3
Finlandia	100	120	0,6
Francja	10	100	0,7
Norwegia	200	250	4
Szwecja	100	200	0,9
Węgry	—	120	8
Bułgaria	—	33	1
Dania	—	4	1
Grecja	—	18	1
Hiszpania	—	65	1
Irlandia	—	3	1
Jugosławia	—	85	1
Portugalia	—	26	1
Rumunia	—	58	1
Turcja	—	66	1
Wielka Brytania	—	18	1
Włochy	—	39	1
Inne kraje	—	415	1
Razem Europa	2620	5850	4

(Schütt 1984). Obserwuje się również masowe zamieranie dębów w Polsce i RFN (Kozłowska 1985, Schütt 1984). Kozłowska (1985) wyróżnia 3 stopnie tej choroby: 1) najłagodniejszy — gdy liście stają się drobniejsze, przebarwiają się na kolor jasnozielony, następnie żółty, obumierają dolne gałęzie, 2) średni — gdy przebarwiają się liście, obumierają końce gałęzi i tworzą się na pniach wilki, 3) silny — rozwój choroby, gdy obumierają całe gałęzie, część z nich jednak żyje, pojawiają się spękania kory, z ran wyciekają soki, a kora odpada płatami. Następnie drzewo zamiera.

Zjawisko zamierania drzew leśnych pojawia się w całej środkowej Europie. Proces ten obejmuje krzewy, jak też i roślinność zielną, wobec tego można oceniać go jako schorzenie ekosystemu leśnego. Zamieranie lasów obserwuje się w różnych warunkach klimatycznych i glebowych. Pojawiają się u chorych drzew objawy jeszcze dotąd nie opisane, co komplikuje bardzo ocenę tego zjawiska. Należy przeto przypuszczać, że „choroba” zamierania lasu jaką się obecnie stwierdza w RFN może być spowodowana wieloma przyczynami (Schütt i inni 1983, 1984). Trudno jest też wyjaśnić powody nagłego wystąpienia tego procesu na tak wielkich obszarach Europy (tab. 8). Wymienia się kilka hipotez, które są obecnie najbardziej brane pod uwagę w wyjaśnieniu procesu zamierania lasu. W niewielkim skrócie przytaczano je dla charakterystyki tego zagrożenia.

HIPOTEZA KWAŚNEGO DESZCZU

Najwięcej zwolenników ma hipoteza kwaśnego deszczu reprezentowana przez Ulricha (1984). Główną przyczyną zamierania drzew są zaburzenia w procesach glebowych, spowodowane zwiększeniem się kwasowości w profilu glebowym na skutek działania kwaśnego deszczu.

Zwiększenie się kwasowości w glebie powoduje wymywanie magnezu, potasu i związków wapnia, uwalnianie się jonów Al^{3+} , które oddziałują toksycznie na system korzeniowy drzew powodując zamieranie drobnych korzeni i korzeni mikoryzowych. Procesy te powodują zmniejszenie zaopatrzenia w wodę i składniki mineralne, co prowadzi do skrócenia igieł i zasychania gałęzi, a w konsekwencji tego procesu

następuje ograniczenie intensywności fotosyntezy (Prusinkiewicz, Pokojaska 1988, Petersson 1982).

Są również wysuwane opinie przeciw tej hipotezie zamierania lasu (Schütt 1984), a mianowicie:

1. Proces zamierania lasu obejmuje w RFN wielkie przestrzenie (560 000 ha) rozmieszczone w różnych warunkach klimatycznych i glebowych. Jeśli więc przyczyny tego procesu, jak twierdzą niektórzy, są wynikiem zwiększenia się kwasowości w profilu glebowym i uaktywnieniem toksyczności jonów Al^{3+} , to powstaje pytanie, dlaczego zamieranie lasu obserwuje się w różnych warunkach glebowych i przy różnym składzie chemicznym gleby?

2. Na glebach wapiennych nie powinny występować szkody powodowane działaniem kwaśnego deszczu. Jak podaje jednak Schütt (1984) w RFN w Jurze, jest stwierdzone również szkodliwe oddziaływanie kwaśnego deszczu na lasy.

3. Obserwowane były również różnice w intensywności szkód powodowanych przez kwaśny deszcz między brzegiem drzewostanu a jego wnętrzem. Przytoczone fakty wskazują, że zamieranie lasu na skutek oddziaływania kwaśnego deszczu nie może być wyłącznym powodem zaistnienia tego procesu.

HIPOTEZA OZONU

Związki utleniające O_3 oraz PAN (azotan nadacetylu) oddziałują toksycznie na liście roślin wywołując typowe dla tego gazu ich uszkodzenia (Schütt 1984). Ozon wpływa też na większą przepuszczalność błon komórkowych, co zwiększa też szkodliwość oddziaływania kwaśnych deszczów na organizm drzewa. Zwolennikiem tej hipotezy zamierania lasu jest Bernhard Prinz z Essen. Schütt (1984) uzasadnia jej słuszność następującymi faktami: 1) w RFN większość szkód w lasach powstaje na grzbietach górskich, gdzie stężenie O_3 jest większe, 2) podczas miesięcy letnich, powstają największe uszkodzenia liści drzew przez ozon, co powoduje, że liście buka zwyczajnego i świerka pospolitego przybierają jasnożółtawą barwę, 3) zamieranie lasu na wybrzeżu Morza Północnego wzrasta się od 1982 r., co ma związek ze zwiększeniem się stężenia tego gazu.

Są jednak wysuwane liczne argumenty przemawiające przeciw tej hipotezie. Schütt (1984) uważa, że trudno jest uznać by szybkie tempo zamierania lasów w okresie wegetacyjnym było spowodowane wyłącznie szkodliwym oddziaływaniem ozonu. Również jasny kolor liścia po jego górnej stronie nie może być wynikiem oddziaływania na nie ozonu. Ten typ uszkodzeń zresztą w przypadku igieł świerka zmienia się w różnych lasach. Ozon szybko ulega rozpadowi, a największe uszkodzenia świerków występują w zimie, gdy nie ma wysokich stężeń ozonu, które byłyby groźne dla życia drzew. W igłach świerka nie były obserwowane zmiany anatomiczne powstające pod wpływem O_3 , chociaż drzewo to zamiera na wielkich obszarach RFN.

HIPOTEZA STRESÓW

Autorem tej hipotezy jest Schütt z grupą współpracowników (1984). Uważa on, że ze względu na wielki rozwój wielu gałęzi przemysłu RFN, może się znajdować w powietrzu wiele różnych trujących związków często w niskich stężeniach, powodujących obniżenie produkcji asymilatów. W wyniku tego zostaje ograniczona żywotność drzew i zmniejsza się odporność na ekstremalne warunki klimatyczne. Symptomy uszkodzeń drzew wywołane tymi czynnikami nie są jednolite w różnych siedliskach, a czynniki wtórne, patogeny czy też szkodliwe owady nasilają zaburzenia w funkcjonowaniu ekosystemu leśnego. Dlatego utrudniona jest jednolita ocena uszkodzeń drzew, jak też stwierdzenie pierwotnych przyczyn zamierania lasu.

Z powodu niedostatku węglowodanów zamierają przede wszystkim korzenie drobne i korzenie mikoryzowe, co powoduje zachwianie stabilności organizmu drzewa. Zmniejszony system korzeniowy może tylko w ograniczonej ilości pokrywać potrzeby części nadziemnej, co prowadzi do zamierania liści, pędów i gałęzi (Schütt 1984).

Przeciw tej hipotezie wysuwane są następujące zarzuty:

Nagle pojawienie się zjawiska zamierania lasu, trudno jest pogodzić z faktem, że na lasy od dawna oddziaływały różne substancje chemiczne w wysokich i niskich stężeniach, które wielkie zakłady przemysłowe wprowadzają do atmosfery. Nie wiadomo przeto, dlaczego zjawisko masowego zamierania drzew różnych gatunków wystąpiło

dopiero teraz. Wydaje się, że nasza znajomość biologicznej reakcji roślin drzewiastych na stresy jest bardzo uboga i oparta z konieczności na doświadczeniach w warunkach kontrolowanych w komorach. Nie jest przeto wiadomo w jakim stopniu wyniki te dają się przenosić z laboratoryjnych do naturalnych warunków. Nie wiemy też, jakie związki chemiczne i w jakiej dawce oddziałują najbardziej szkodliwie na drzewa i ekosystemy leśne.

HIPOTEZA IMISJI

Hipoteza imisyjno-ekologiczna (Wentzel 1983) wysuwa następujące uzasadnienie dotyczące przyczyn zamierania lasów.

1. Według jej autora schorzenie lasów w RFN jest wynikiem bezpośredniego oddziaływania SO_2 i innych zanieczyszczeń przemysłowych, lub ich produktów pochodnych, na hamowanie procesu fotosyntezy i produkcję asymilatów powstających w tym procesie. Co wpływa na ograniczenie procesów wzrostu i rozwoju drzew.

2. Szkodliwe imisje mogą pośrednio wpływać na system korzeniowy. Okres reakcji będzie tak długi, jak długo szkodliwe substancje będą się akumulowały w ubogich albo zdegradowanych glebach.

3. Niekorzystne dla życia drzew czynniki klimatyczne wzmacniają albo przyspieszają objawy schorzenia drzew i wystąpienie na osłabionych drzewach inwazji chorób i szkodników. Stwarza to konsekwentnie działający kompleks przyczyn.

Zastrzeżenia do tych koncepcji są następujące (Schütt 1984): Objawy zamierania buków, świerków, modrzewi, jaworów są tylko w części podobne do tych uszkodzeń jakie powoduje SO_2 .

HIPOTEZA SUSZY

Wśród niektórych leśników utrzymuje się opinia, że przyczyną zamierania gatunków drzew w Europie zachodniej i środkowej stały się szczególnie niekorzystne układy pogody, a mianowicie surowa zima

1978/79, a następnie susza w 1982 i 1983 roku, która wystąpiła w bardzo surowej formie. Te przyczyny spowodowały nasilenie się procesu zamierania drzew i lasu. Jednak te niekorzystne warunki klimatyczne nie mogły być wyłączną przyczyną masowego zamierania drzewostanów iglastych, a nawet mieszanych zbiorowisk leśnych. Również masowe wystąpienia czynników wtórnych, jak pojawienie się gradacji owadów i chorób, nie były wyłącznie następstwem suszy.

HIPOTEZA AMONOWA

Ostatnio, jako jedna z przyczyn zamierania lasu została wysunięta hipoteza amonowa, która wprowadziła pewne nowe uzupełniające elementy do znajomości przyczyn katastrof ekologicznych w lasach środkowej i zachodniej Europy (Nihlgard 1985). W procesie osadzania się w formie suchej i mokrej zanieczyszczeń powietrza biorą udział również jony NH_4^+ . Źródłem związków amonowych są fabryki nawozów azotowych, nawozy mineralne, nawozy naturalne, procesy zachodzące w glebach, procesy rozkładu ściółki i inne.

Jony NH_4^+ zmniejszają aktywność mikroorganizmów w glebie, zwiększają uwalnianie się trujących jonów Al^{3+} i powodują zwiększenie się w glebie kompleksu Al—P (glin—fosfor). Zmniejsza się dostępność fosforu, magnezu i boru dla wykorzystania ich w metabolizmie organizmu drzewa. Równocześnie zachodzi proces zwiększonego wymywania tych pierwiastków. Wzrost zawartości N w korzeniach sprzyja wiązaniu węglowodanów w związki nierozpuszczalne, co pośrednio prowadzi do ograniczenia rozwoju mikoryzy.

Z tych przyczyn powstają względne braki następujących pierwiastków: Mg, P, K, Mo, B. Ograniczona zostaje fotosynteza i produkcja biomasy, przez co zwiększa się inwazja chorób i szkodników na drzewa, powiększa się zamieranie liści, co ogranicza produkcję węglowodanów.

Obok tych poglądów na zamieranie lasów, wysuwa się jeszcze następne hipotezy na powstanie tak poważnych zagrożeń dla drzew i lasu.

Zdaniem Nihlgarden (1985) cztery najważniejsze hipotezy rozpa-

trzone łącznie wyjaśniają przyczyny zamierania lasu: kwaśnego deszczu, ozonu, stresu i amoniakalna.

Niektórzy autorzy polecają nawożenie azotowe zagrożonych lasów przez zanieczyszczenia powietrza w celu poprawienia ich stanu zdrowotnego. Należy podkreślić, że zwiększenie osadzania się różnych źródeł związków azotowych wpływa początkowo na podniesienie produkcji biomasy drzew, lecz następnie stają się one bardziej wrażliwe na inne zanieczyszczenia powietrza. Następuje potem wtórny efekt wysokiego poziomu osadzania związków azotowych, który powoduje zachwianie równowagi mineralnego odżywiania drzew, co również ma wpływ na zahamowanie produkcji drewna. Szczególnie negatywnie oddziałuje nadmiar azotu w roślinach w czasie suszy, gdy toksyczne, zbędne produkty, jak kwasy i niebiałkowe związki azotu są akumulowane w komórkach liści.

W rozdziale tym starano się wskazać na przyczyny zagrożenia drzew i lasu przez zanieczyszczenia powietrza, następnie przedstawiono rozmiary tego zjawiska, jak też omówiono pokrótce aktualne poglądy na procesy zamierania lasu. Są to zjawiska bardzo złożone i zachodzą na ogromnych przestrzeniach Europy. Z danych zamieszczonych w tym rozdziale widoczne są z jednej strony szkodliwe wpływy zanieczyszczeń powietrza pochodzących z nieprawidłowo zaprogramowanej produkcji przemysłowej i działającej bez mechanizmów oczyszczających emisję ze szkodliwych składników, które powodują nadmierne zatrucie środowiska leśnego. Z drugiej zaś strony, widzimy jak gospodarka człowieka nastawiona na osiągnięcia „rzekomych” wysokich zysków przez wprowadzenie monokultur drzew iglastych i nie oparta na zasadach ekologii drzew i lasu, załamała się. Obecny stan lasów i leśnictwa budzi ogromne obawy o tę ważną dla gospodarki kraju dziedzinę produkcji, jak też o stan środowiska dla życia człowieka.

Dla ratowania lasów jest konieczne przede wszystkim ograniczenie emisji szkodliwych związków zgodnie z zaleceniami organizacji międzynarodowych zajmujących się ochroną środowiska, a przede wszystkim IUFRO. Następnie wydaje się też konieczne stosowanie takich metod w uprawie drzew, by ekosystem leśny był bardziej stabilny na stropy środowiska. Wydaje się też celowe rozważenie czy sposób zagos-

podarowania lasu i powrót do bardziej naturalnych mieszanych zbiorowisk leśnych nie chroniłby bardziej lasu przed wieloma szkodliwymi wpływami gospodarki człowieka.

Instytut Dendrologii PAN
ul. Parkowa 5
62-035 Kórnik

LITERATURA

- Anonim 1984/1985. Signs of progress. *Acid*, 18—20.
- Apel Polskiego Towarzystwa Leśnego o ochronę zasobów leśnych i ich racjonalne wykorzystanie, uchwalony 24 września 1982 r. w Warszawie w 100-lecie działalności Towarzystwa. *Sylvan*, 1983, 127: 101—102.
- Bernadzki E., Kamiński E., Sierpiński Z. 1983. Zagrożenie lasów w Polsce. *Nauka Polska*. 5: 23—29.
- Białobok S. 1980. Identification of resistant or tolerant strains and artificial selection or production of such strains in order to protect vegetation from air pollution. W: Papers presented to the Symposium on the effects of airborne pollution on vegetation. UN Econ. Comm. Europe Warsaw — Poland: 253—268.
- Białobok S. 1984. Controlling atmospheric Pollution. W: *Air Pollution and Plant Life*. Red. M. Treshow. J. Wiley and Sons Ltd. Chichester, New York, Brisbane, Toronto, Singapore str. 451—478.
- Bosiak A. 1985. Aktualny i przewidywany stan zagrożenia lasów przez przemysł w Polsce. W: *Problemy zagrożenia środowiska leśnego w Polsce*. Min. Leśnictwa i Przemysłu Drzewnego. Warszawa, 23—30.
- Godzik S. 1980. Wpływ na rośliny wyższe. W: *Siarka w biosferze*. Red. J. Siuta, M. Rejman-Czajkowska 212—226. PWRiL. Warszawa.
- Godzik S. 1984. Air pollution problems in some central European countries — Czechoslovakia, The German Democratic Republic, and Poland. Chapter 2. W: *Gaseous air pollutants and plant metabolism* (Red. M. J. Koziol, F. R. Whatley) Butterworth, London, 25—34.
- Godzik S. 1989. Ostre i chroniczne uszkodzenia drzew oraz dopuszczalne w Polsce stężenia dwutlenku siarki. *Życie drzew w skażonym środowisku*. PWN.
- Godzik S., Harabin Z. 1968. Waldbestände im Raume Katowice und Myslowice zu Ende des XIX Jahrhunderts und gegenwärtig. *Materiały VI Międzynarodowej Konferencji „Wpływ zanieczyszczeń przemysłowych na lasy”*. Zakład Badań Naukowych GOP, PAN 353—370.
- Grodziński W., Weiner J., Maycock P. F. 1984. *Forest ecosystems in industrial regions*. Springer—Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo.
- GUS. 1981. *Ochrona środowiska i gospodarka wodna*. Warszawa.

- GUS. 1984. Ochrona środowiska i gospodarka wodna. Opracowania statystyczne. Warszawa.
- Jaworski A., Zarzycki K. 1983. Ekologia. W: *Jodła pospolita*, 317—430. PWN, Warszawa—Poznań.
- Jurek E., Olszowska G., Olszowski J. 1983. Zamieranie drzewostanów świerkowych w rejonie Gór Izerskich, *Sylvan* 9—10: 13—20.
- Kozłowska C. 1985. Zamieranie dębów w Polsce, *Las Polski*, 12, 10.
- Latocha E. 1985. Stan zanieczyszczenia powietrza atmosferycznego w Polsce. W: *Problemy zagrożenia środowiska leśnego w Polsce*. Min. Leśnictwa i Przemysłu Drzewnego, Warszawa, 10—22.
- Łuczkiwicz W. 1922 a. Wpływ dymów fabrycznych na drzewostany. *Sylvan* 40: 84—87, 103—106, 131—137, 160—164.
- Łuczkiwicz W. 1922 b. Kilka słów o szkodach dymowych w okolicy Katowic. *Sylvan* 40, 195—198.
- Łukasiewicz A. 1989. Drzewa w środowisku miejsko-przemysłowym. *Życie drzew w skażonym środowisku*. PWN.
- Marchwińska E., Kucharski R. 1989. Wpływ mieszanin gazowych na drzewa. W: *Życie drzew w skażonym środowisku*. PWN.
- Marchwińska E., Kucharski R., Gzyl J. 1982. Wpływ zanieczyszczenia środowiska na wybrane rośliny jadalne i paszowe uprawiane w województwie katowickim. *Woj. Ośrodek Postępu Rolniczego w Mikołowie-Śmiłowicach*.
- Memoriał do władz najwyższych Polskiej Rzeczypospolitej Ludowej w sprawie aktualnego stanu lasów polskich oraz założeń polityki leśnej uchwalony na 82 zjeździe Polskiego Towarzystwa Leśnego w Warszawie — w stulecie istnienia Towarzystwa. *Sylvan* 1983. 127, 8: 97—100.
- Molski B., Dmuchowski W. 1984. Ocena zagrożenia terenów rolniczo-leśnych zanieczyszczeniami atmosfery na podstawie akumulacji siarki, fluoru i wybranych metali przez igły sosny. W: *Reakcje biologiczne drzew na zanieczyszczenia przemysłowe*. Materiały na sympozjum. Instytut Dendrologii i Stowarzyszenie Inż. i Tech. Leśnictwa i Drzewnictwa. 57—71, Kórnik.
- Nihlgard B. 1985. The ammonium hypothesis — An additional explanation to the forest dieback in Europe. *Ambio*, 14, 1, 2—8.
- Petersson G. (Red.) 1982. *Acidification today and tomorrow*. Ministry of Agriculture, Environment 82 Committee, Stockholm.
- Prusinkiewicz Z., Pokojska U. 1989. Wpływ imisji przemysłowych na gleby. *Życie drzew w skażonym środowisku*. PWN.
- Schönbach H., Dässler H. G., Polster H., Börtitz S., Enderlein H., Lux H., Ranft H., Stein G., Vogl M. 1968. *Die Ertragssicherung in Rauchbeeinflussten Waldgebieten*. W — *How to increase forest productivity*. Státní zemědělské nakladařství. Praha.
- Smykała J. 1984. Stan zdrowotny i sanitarny lasu w świetle wyników inwentaryzacji wielkopowierzchniowej. W: *Reakcje biologiczne drzew na zanieczyszczenia przemysłowe*.

- słowe. Materiały na sympozjum. Instytut Dendrologii i Stowarzyszenie Inż. i Tech. Leśnictwa i Drzewnictwa; 40—55, Kórnik.
- Strzyszczyński Z. 1983. Anteil der H-ionen an der Bodenversauerung in Polen. *Aquilo Ser. Bot.* 19: 71—79.
- Schütt P. 1984. Der Wald stirbt am Stress. C. Bertelsmann Verlagsgesellschaft mbH, München.
- Schütt P., Koch W., Blaschke H., Lang K. J., Schuck H. J., Summerer H. 1983. So stirbt der Wald. BLV Verlagsgesellschaft, München, Wien, Zurich.
- Ulrich B. 1984. Waldsterben durch saure Niederschläge, *Die Umschau*, 11: 348—355.
- Wentzel F. K. 1983a. Die Immissions Epidemie kam keineswegs überraschend. *Der Forst u. Holzwirt.* 38, 18, 453—458.
- Wentzel F. K. 1983b. Maximale SO_2 — Konzentrations-Werte zum Schutze der Wälder. *Aquilo, Ser. Bot.* 19: 167—176.

THE DANGER POSED BY AIR POLLUTION TO FORESTS IN POLAND

Summary

To start with the author gives a general characteristic of the structure of our forests in which the dominance of a monoculture of Scots pine and Norway spruce makes them exceptionally sensitive to air pollution and invasions of pests.

Then a description is given of the amounts, composition and dynamics of the emissions of air pollutants as well as the possibilities of reducing the emissions of SO_2 to year 1995 in various European countries. On the basis of numerical data it is demonstrated that Poland belongs to countries which receive more sulphur in Long Range Transport of Air Pollutants (LRTAP), primarily from Czechoslovakia and East Germany, than we emit abroad.

Furthermore injuries and dangers to our forests from air pollution are shown as well the extent of damage inflicted in various zones of endangerment. According to the latest estimates 654 528 h of forests are endangered by air pollution which represents 7.6% of our forest area. In the paper also data is presented concerning the losses inflicted on European forests by air pollution. Much space is also devoted to the problem of forest decline in Europe describing the disease symptoms in some species of forest trees. Following is a discussion of some of the hypotheses proposed to explain the causes of forest decline. Critical opinions are also listed concerning these hypotheses, which indicates how critical different authors are concerning the difficult problems of causes of forest decline.