S/3455

AKADEMIA OBRONY NARODOWEJ

AON wewn. 4950/97

SKAŻENIA CHEMICZNE ŚRODOWISKA

BIBLIOTEKA GŁÓWNA - ARCHIWUM
Nr ewid. II
50155

WARSZAWA 1997

AKADEMIA OBRONY NARODOWEJ

WYDZIAŁ WOJSK LĄDOWYCH

ZAKŁAD EKOLOGII

AON wewn 4950/97



SKAŻENIA CHEMICZNE ŚRODOWISKA

WARSZAWA 1997

Skrypt „Skażenia chemiczne środowiska" został opracowany przez płka dra hab. Ireneusza NOWAKA przy współudziale kpt. dypl. Jarosław SOLARZA

WSTĘP

Skrypt „Skażenia chemiczne środowiska" opracowano z myślą o wykorzystaniu go w procesie dydaktycznym Akademii Obrony Narodowej przez studentów kursów podstawowych i słuchaczy kursów podyplomowych, w ramach przedmiotów „obrona przeciwchemiczna" i „ochrona środowiska". Zawarto w nim podstawową wiedzę o skażeniach chemicznych, negatywnych skutkach tych skażeń oraz sposobach ochrony środowiska przed nimi. Zdaniem autorów wiedza ta powinna być przydatna dla studiujących w czasie przygotowania się do zajęć seminaryjnych i konwersatoryjnych i stanowić podstawę do dyskusji w czasie ich prowadzenia. Treści zawarte w skrypcie, oprócz zapoznania szkolonych ze skażeniami chemicznymi, powinny także inspirować do własnych przemyśleń i poszukiwań teoretycznych rozwiązań z zakresu ochrony przed skażeniami chemicznymi w warunkach wojska.

Problemy zawarte w temacie „Skażenia chemiczne środowiska" ujęto w trzech rozdziałach.

W rozdziale pierwszym opisano skażenia chemiczne atmosfery, ze szczególnym uwzględnieniem źródeł, środków, mechanizmów i skutków skażenia atmosfery, monitoringu skażeń atmosfery oraz działań przeciwdziałających skażeniom atmosfery gazami i pyłami.

Rozdział drugi zawiera treści odnoszące się do skażeń chemicznych wód powierzchniowych i podziemnych, monitoringu skażeń rzek i jezior oraz działań ukierunkowanych na przeciwdziałanie skażeniom rozpatrywanego środowiska.

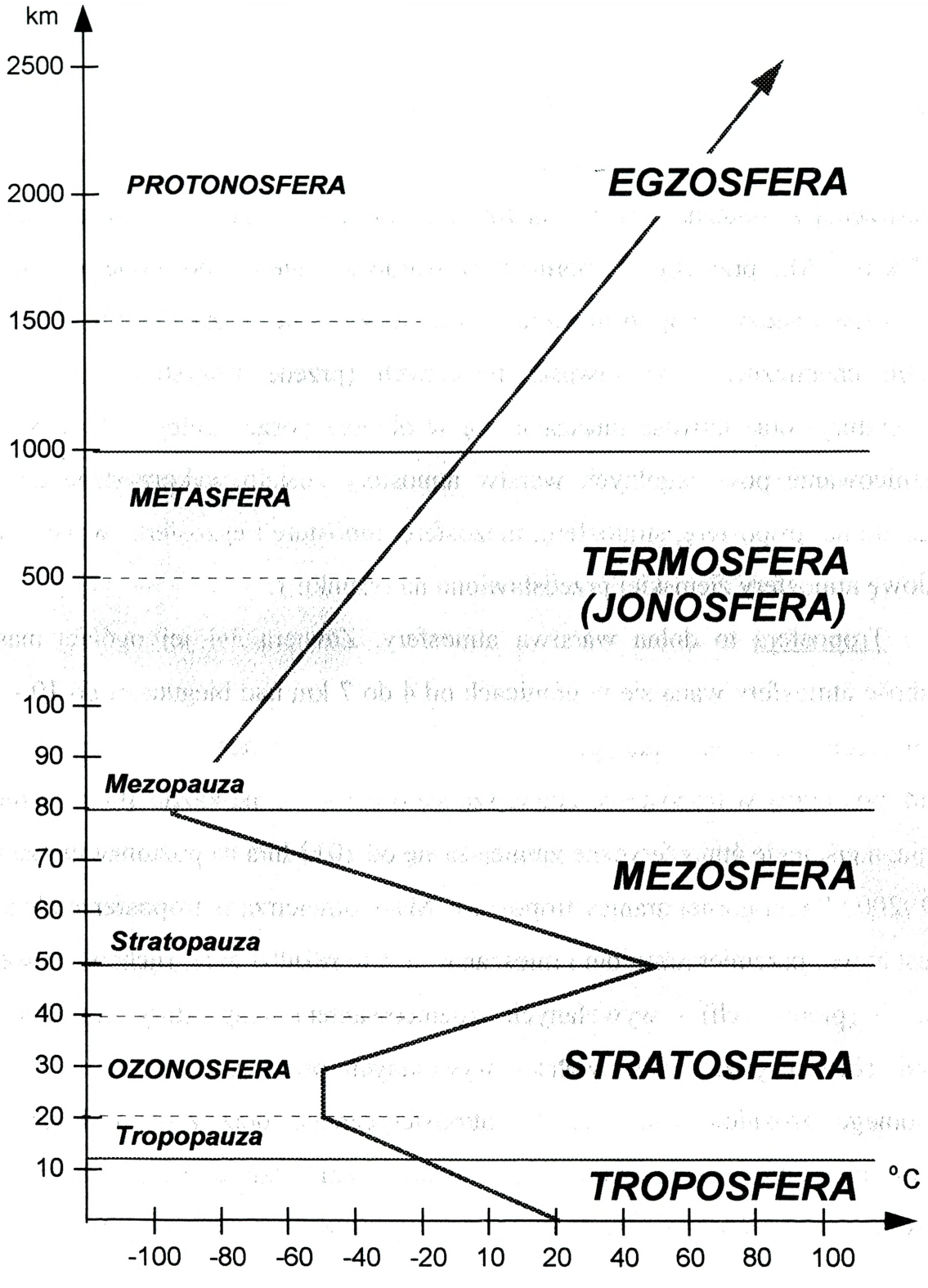
Rozdział trzeci jest poświęcony problemom skażeń chemicznych gleb. Zawiera treści odnoszące się do źródeł, środków, mechanizmów i skutków skażeń, problemów monitoringu gleb oraz działań podejmowanych w ramach przeciwdziałania skażeniom oraz rekultywacji zdegradowanych gleb.

1. SKAŻENIA CHEMICZNE ATMOSFERY

1.1. Ogólna charakterystyka atmosfery ziemskiej

Atmosfera ziemska to zewnętrzna warstwa Ziemi granicząca bezpośrednio z przestrzenią kosmiczną. Tworzy ją fizyczna mieszanina gazów, o łącznej masie $5{,}15 \times 10^{15}$ Mg, przy czym w normalnych warunkach nie wchodzą one w reakcje chemiczne między sobą. Atmosfera wykazuje wyraźne zróżnicowanie pionowe składu chemicznego, właściwości fizycznych (przede wszystkim gęstości i temperatury) oraz łatwość mieszania się w obrębie poszczególnych warstw. To zróżnicowanie poszczególnych warstw atmosfery zostało wykorzystane do jej podziału na: troposferę, stratosferę, mezosferę, jonosferę i egzosferę. Warstwową budowę atmosfery ziemskiej przedstawiono na rysunku 1.

Troposfera to dolna warstwa atmosfery. Zawiera 3/4 jej ogólnej masy. Grubość atmosfery waha się w granicach od 4 do 7 km nad biegunami do 10 - 12 km w średnich szerokościach geograficznych i 16 - 18 km nad równikiem. Temperatura powietrza w troposferze zmniejsza się o 0,5 - 1°C na każde 100 m wzniesienia, a ciśnienie atmosferyczne zmniejsza się od 1013 hPa na poziomie morza do 280 -200 hPa na górnej granicy troposfery. Masy powietrza w troposferze ulegają nieustannym przemieszczeniom i mieszaniu. Jest to rezultat m.in. ruchów konwekcyjnych (pionowych) - wywołanych zróżnicowaniem temperatury powierzchni Ziemi, ruchów poziomych (wiatr) - wywołanych przez ruch obrotowy Ziemi, poziomego zróżnicowania ciśnienia atmosferycznego oraz zjawisk lokalnych (bryzy, monsuny, wiatry lokalne, itp.). Z połączenia stale działających prądów konwekcyjnych, występujących w strefie równikowej Ziemi i opadających w wyższych strefach geograficznych oraz stałej odchylającej siły ruchu obrotowego Ziemi (tzw. stała Coriolisa) wynika zjawisko ciągłej cyrkulacji mas powietrza w troposferze. Przejawia się ono m.in. w postaci pasatu - stałego prądu dolnych warstw powietrza w strefie międzyzwrotnikowej i przeciwstawnego mu



Rysunek 1 Warstwy atmosfery ziemskiej i temperatura powietrza na różnych wysokościach

Źródło: Meteorologia w wojskach chemicznych, wyd. MON, Warszawa 1997 str. 25

antypasatu - w górnych warstwach troposfery. Cyrkulacja ta jest odrębna dla każdej z półkul Ziemi, co utrudnia przemieszczanie się powietrza z jednej półkuli na drugą.

Skład chemiczny powietrza w troposferze jest niezmienny. Przedstawiono go w tabeli 1.

Tabela 1

Skład chemiczny troposfery

Składniki atmosfery	Gęstość w stosunku do suchego powietrza	Ciężar 1 cm^3 gazu	Zawartość w %
Azot	0,9672	1,2514	78,03
Tlen	1,1055	1,4295	20,99
Argon	1,3775	1,7809	0,937
Dwutlenek węgla	1,5291	1,9763	0,03
Wodór	0,0695	0,0898	0,01
Neon	0,6963	0,9002	0,0012
Krypton	2,868	3,7082	0,001
Hel	0,1378	0,1782	0,0004
Ksenon	4,526	5,851	0,0001

Uwaga: Taki skład atmosfery występuje do około 285 km od powierzchni Ziemi.
Źródło: Meteorologia w wojskach chemicznych, wyd. MON W-wa 1977 str. 22

Oprócz substancji wymienionych w tabeli 1 w troposferze w zmiennych, chociaż stosunkowo dużych, ilościach występuje także para wodna (do 4% objętościowo) i dwutlenek węgla (przeciętnie 0,03% objętościowo i 0,04% wagowo), a w śladowych ilościach amoniak, jod i wiele innych gazów. Udział pary wodnej i dwutlenku węgla maleje z wysokością ponieważ dwutlenek węgla, jako gaz stosunkowo ciężki, opada do niższych warstw atmosfery, zaś para wodna w niskich temperaturach ulega zestaleniu i wytrąceniu z atmosfery. Przy górnej granicy troposfery w temperaturze - 40°C cała ilość pary wodnej zostaje w ten sposób zamrożona.

Stratosfera zalega nad troposferą do wysokości około 50 km. W niej, na wysokości między ok. 20 a 40 km, znajduje się ozonosfera. Na skutek pochłaniania przez ozon ultrafioletowego promieniowania Słońca temperatura w ozonosferze jest znacznie wyższa niż w pozostałych warstwach. Na wysokości 50 km temperatura osiąga około 50°C. W przeciwieństwie do troposfery w stratosferze prawie wcale nie występują pionowe ruchy powietrza i dlatego powietrze miesza się tylko w nieznacznym stopniu.

Mezosfera to warstwa atmosfery znajdująca się ponad stratosferą. Oddziela ją od niej stratopauza. Warstwa mezosfery znajduje się na wysokości od 45-50 km do 80 - 85 km. Temperatura w niej maleje, wraz z wysokością, do około - 100°C.

Jonosfera to warstwa od około 55 do 800 - 1000 km charakteryzująca się dużym (chociaż zmiennym w ciągu doby) udziałem atomów o zmniejszonej liczbie elektronów oraz dużą liczbą elektronów swobodnych wybitych z atomów przez wysokoenergetyczne, krótkofalowe (przede wszystkim UV) promieniowanie Słońca. Jonosfera stanowi jednocześnie dolną warstwę metasfery i jest miejscem powstawania zórz polarnych.

Egzosfera stanowi strefę przejściową między jonosferą a przestrzenią międzyplanetarną. Nazywana jest też strefą rozpraszania (dyspersji). Gęstość materii w niej jest tak mała, że średnia swobodna droga przebycia cząstki gazu może wynieść setki kilometrów. Dla porównania na wysokości 100 km jest ograniczona do 2 cm, a na 5 km zaledwie do 0,0001 mm.

Skład chemiczny atmosfery został ukształtowany w procesach ewolucji Ziemi i ewolucji życia. Wszystkie składniki atmosfery (z wyjątkiem gazów szlachetnych) ulegają cyklicznej wymianie z innymi geosferami - także z biosferą. Szybkość całkowitej wymiany poszczególnych składników atmosfery jest bardzo zróżnicowana np. cała ilość wody zawartej w atmosferze ulega wymianie do 30 razy w ciągu roku, a cykl pełnej wymiany dwutlenku węgla w atmosferze trwa około 10 - 18 lat.

Naturalnymi źródłami azotu w atmosferze są: działalność wulkaniczna oraz mikrobiologiczne procesy rozkładu martwej materii organicznej i denitryfikacji dokonujące się w siedliskach lądowych i wodnych. Również odpływ azotu z atmosfery w naturalnych warunkach dokonuje się dzięki mikroorganizmom - wiążącym wolny azot i procesom nitryfikacyjnym, a częściowo też drogą abiotyczną - przez tworzenie tlenków azotu w trakcie wyładowań elektrycznych. Bilans odpływu azotu, podobnie jak innych gazów, jest w naturalnych warunkach zrównoważony.

Pierwotnym źródłem dwutlenku węgla są zjawiska wulkaniczne oraz pożary. Największe jednak ilości tego gazu zasilają atmosferę w wyniku oddychania wszystkich organizmów i rozkładu związków organicznych przez drobnoustroje. Największym biorcą dwutlenku węgla z atmosfery jest biosfera. Procesy fotosyntezy wiążą w biomasie lądowych i wodnych roślin globu 115 - 200 miliardów ton dwutlenku węgla rocznie, z czego w procesach oddychania roślinność zwraca do 20%. Różnica w tym bilansie odpowiada produkcji tlenu.

Źródłem tlenu, zresztą jedynym we wszystkich środowiskach i geosferach, jest proces fotosyntezy. Roczna światowa produkcja tlenu w tym procesie jest oceniana na 67 - 116 miliardów ton. Wydajność fotosyntezy zależy bezpośrednio od udziału w ogólnej powierzchni obszarów lądów pokrytych roślinnością oraz udziału w ogólnej powierzchni wód obszarów nieskażonych, w których żyją rośliny produkujące tlen. Jest on niezbędny do oddychania wszystkim aerobom, którymi jest większość organizmów i do biologicznego rozkładu związków organicznych, a także do prowadzonych w przyrodzie procesów abiotycznego utleniania - zarówno powolnego (np. utlenianie metali) jak i gwałtownego (np. pożary).

Atmosfera zawiera też zawieszone w mieszaninie gazów cząstki stałe np. zarodniki, ziarna pyłu i nasiona roślin, komórki bakterii i glonów, cząstki gleb i okruchy minerałów. Koncentracja tych cząstek jest jednak w naturalnych warunkach znikoma. Wybuchy wulkanów, a także silne wiatry unoszące cząstki piasku

z pustyń mogą wprowadzić do atmosfery duże ilości popiołów lub piasku. Mogą one krążyć w atmosferze nawet przez okres kilku lat i oddziaływać na pogodę.

1.2. Środki i mechanizmy skażeń chemicznych atmosfery

Przed kilkudziesięciu laty pojawił się problem skażeń chemicznych atmosfery. Początkowo był traktowany jako problem o znaczeniu lokalnym, ograniczonym jedynie do miejskich obszarów uprzemysłowionych. W ostatnim ćwierćwieczu XX wieku, w związku ze stwierdzonym zagrożeniem wynikających z zaniku warstwy ozonowej, pojawieniem się efektu cieplarnianego, niszczeniem lasów w skali światowej oraz zakwaszeniem jezior, wód przybrzeżnych i gleby zyskał znaczenie ogólnoświatowe.

! Ze skażeniami chemicznymi atmosfery mamy do czynienia wówczas gdy pojawią się w niej substancje chemiczne - stałe, ciekłe lub gazowe, które normalnie w atmosferze nie występują i które mogą ujemnie wpłynąć na zdrowie człowieka, klimat, przyrodę żywą, glebę i wodę lub spowodować inne szkody w środowisku, bez względu na to czy będą to substancje, dla których ustala się dopuszczalne stężenia czy też nie.

Dopuszczalne stężenia substancji zanieczyszczających powietrze są regulowane w aktach prawnych[1]. Przedstawiono je w tabeli 2.

Z danych w niej zawartych wynika, że wyznacza się je oddzielnie dla rejonów specjalnie chronionych, przy czym z reguły są one kilkakrotnie mniejsze aniżeli dla pozostałych obszarów. Aktualnie dopuszczalne stężenia wyznacza się dla 44 substancji. Występują one w postaci gazów, par i pyłów.

---

[1] Rozporządzenie Ministra Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa z dnia 12 grudnia 1990 r w sprawie ochrony powietrza przed zanieczyszczeniami.

Tabela 2

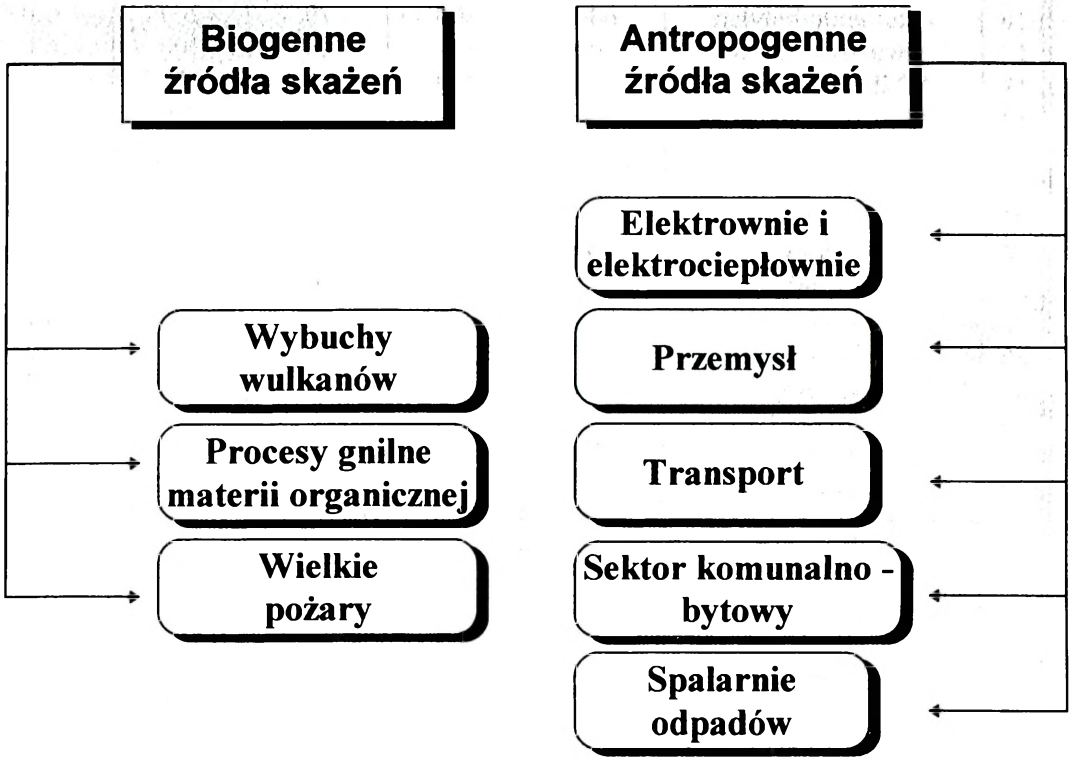
Dopuszczalne stężenia substancji zanieczyszczających powietrze

Lp.	Nazwa substancji	Dopuszczalne stężenia zanieczyszczeń w $\mu g/m^3$					
		Obszary			Obszary specjalnie chronione		
		30 min	24h	średnio rocznie	30 min	24h	średnio rocznie
1	akrylonitryl[1]	-	2	0,5	-	2	0,5
2	aldehyd octowy	20	10	2,5	10	5	1,3
3	alkohol metylowy	1000	500	130	200	100	25
4	amoniak	400	200	51	100	50	13
5	anilina	50	30	10	20	10	2,5
6	arsen[2]	-	0,05	0,01	-	0,05	0,01
7	azbest[3](włókien/m^3)	-	1000	-	-	1000	-
8	azotany[4]	200	100	25	50	30	10
9	azotu dwutlenek	500	150	50	150	50	30
10	benzen	-	10	2,5	-	10	2,5
11	benzopiren (mg/m^3)	-	5	1	-	5	1
12	chlor	100	30	4,3	30	10	1,6
13	chlorek winylu	--	5	1,3	-	3	0,4
14	chrom[5]	-	2	0,4	-	0,5	0,08
15	cyjanowodór i cyjanki[6]	20	10	2,5	10	5	1,3
16	czterochloroetylen	600	300	70	200	120	30
17	dwuchlorometan	400	150	60	100	60	15
18	1,2 dwuchloroetan	400	150	60	100	60	15
19	dwusiarczek węgla	50	20	3,8	15	4,5	0,6
20	fenol	20	10	2,5	90	3	0,4
21	fluor[7]	30	10	1,6	10	3	0,4
22	formaldehyd	50	20	3,8	20	20	2,5
23	ftalony	100	50	13	30	10	1,6
24	kadm[8]	-	0,22	0,01	-	0,2	0,001
25	ksylen	300	100	16	40	10	1,3
26	kwas siarkowy[9]	200	100	16	100	50	7,9
27	kwas solny[10]	200	100	20	100	50	10
28	mangan[11]	-	4	1	-	2	0,5
29	miedź[12]	20	5	0,6	6	2	0,3
30	nikiel[13]	-	100	25	-	100	25
31	nitrobenzen	50	30	10	20	10	2,5
32	octan winylu	100	-	-	50	-	-
33	ołów[14]	-	1	0,2	-	0,5	0,1
34	ozon	100	30	-	50	20	-
35	pył zawieszony	-	120	50	-	60	40
36	rtęć[15]	-	0,3	0,04	-	0,1	0,02
37	siarki dwutlenek do 1998	600	200	32	250	75	11
	od roku 1999	440	150	32	150	75	11
38	siarkowodór	30	5	1	4	1	0,5
39	styren	20	-	-	10	-	-
40	tlenek węgla	5000	1000	120	3000	500	61
41	toluen	300	200	50	100	50	13
42	trójchloroetylen	400	150	60	50	10	1,2
43	wanad[16]	-	1	0,25	-	0,1	0,0005
44	węgiel elementarny	150	50	8	50	20	4

[1] jako aerozol
[2] w pyle zawieszonym
[3] w pyle zawieszonym
[4] związki jako NO_3 w pyle zawieszonym
[5] na stopniu utlenienia +6 w pyle
[6] związki jako HCN
[7] jako suma fluoru i fluorków rozpuszczonych w wodzie
[8] jako suma kadmu i jego związków w pyle zawieszonym
[9] jako aerozol
[10] jako gaz i aerozol
[11] w pyle zawieszonym
[12] w pyle zawieszonym związki jak Cu
[13] w pyle zawieszonym
[14] jako suma ołowiu i jego związków w pyle i aerozolu
[15] w fazie gazowej i w pyle zawieszonym jako suma
[16] w pyle zawieszonym

Skażenie gazami i pyłami

Źródła skażeń atmosfery gazami i pyłami można podzielić na biogenne i antropogenne. Te pierwsze są nierozerwalnie związane z naturalnymi procesami zachodzącymi w przyrodzie, te drugie zaś z działalnością człowieka. Źródła skażeń chemicznych atmosfery pokazano na rysunku 2.



Rysunek 2 Źródła skażeń chemicznych atmosfery

Biogenne źródła skażeń wnoszą znaczący wkład w skażenia atmosfery. Oblicza się np., że w wyniku wybuchów wulkanów oraz innego rodzaju procesów zachodzących w przyrodzie do atmosfery przedostaje się 50 - 70 mln ton

siarki rocznie[2]. Biogenne źródła skażeń dostarczają do atmosfery również inne zanieczyszczenia, chociażby w postaci tlenków węgla, tlenków azotu, metanu. Jest rzeczą oczywistą, że w przyrodzie zawsze istniał pewien stacjonarny stan równowagi między ilością biogennie wytwarzanych substancji zanieczyszczających a ich naturalną neutralizacją i rozpadem. Życie na Ziemi rozwijało się zgodnie z tymi czynnikami zewnętrznymi.

Antropogenne źródła skażeń pojawiły się wraz z rozwojem ludzkości. Ich dynamiczny rozwój zaczął się jednak dopiero w XIX stuleciu. W ciągu względnie krótkiego okresu, rzędu 200 lat, nastąpił drastyczny wzrost emisji substancji zanieczyszczających wytwarzanych przez rozpatrywane źródła. Okazało się, że antropogenne źródła skażeń - przemysł, sektor komunalno - bytowy i transport spowodowały zakłócenie naturalnej równowagi między emisją zanieczyszczeń i ich neutralizacją i w konsekwencji wywierają destrukcyjny wpływ na środowisko i zdrowie organizmów, które w nim żyją.

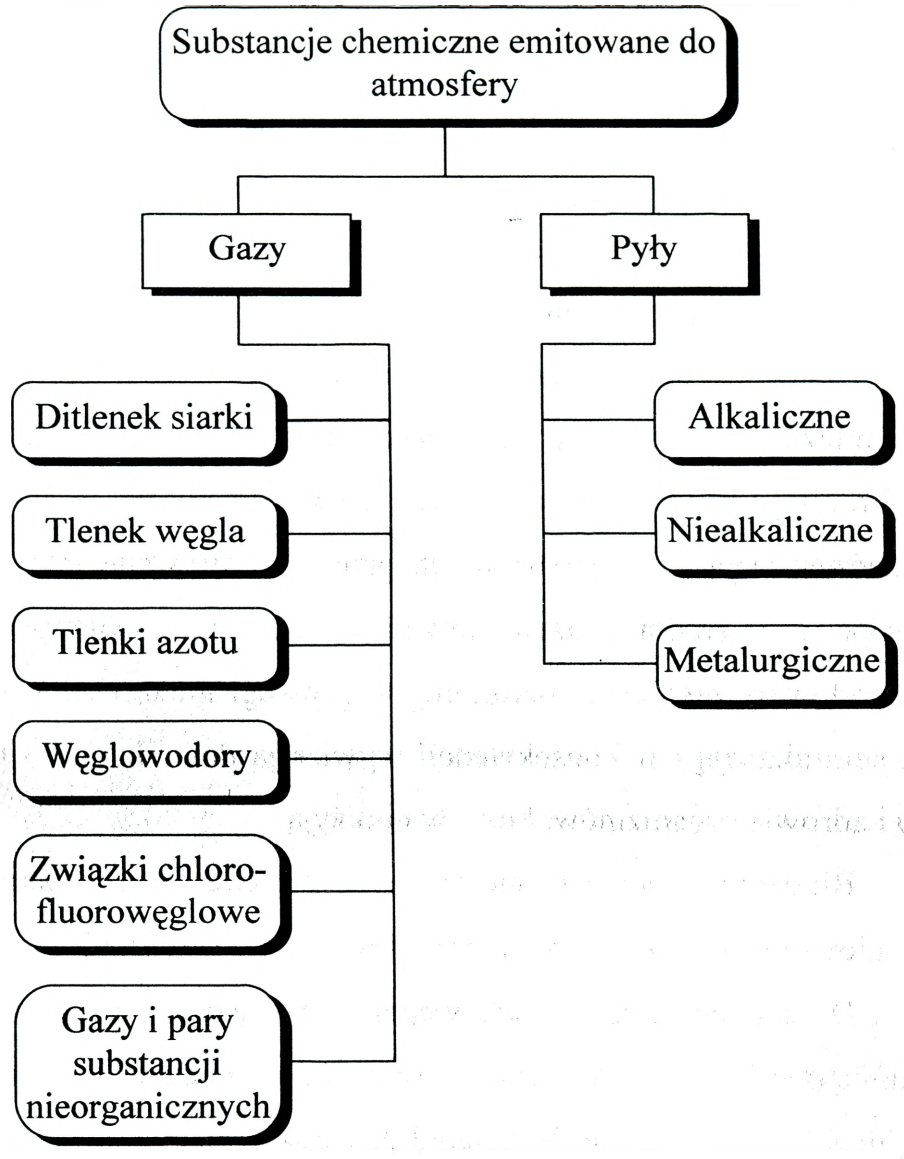
Biogenne i antropogenne źródła skażeń chemicznych atmosfery emitują do niej głównie zanieczyszczenia przedstawione na rysunku 3

Dwutlenek siarki, tlenek węgla, tlenki azotu i lotne związki organiczne zajmują dominującą rolę wśród substancji emitowanych do atmosfery w świecie, w tym również w Polsce. W tabeli 3 przedstawiono całkowitą emisję zanieczyszczeń powietrza w wybranych krajach świata, zaś na rysunku 4 bilans emisji głównych zanieczyszczeń powietrza w Polsce w 1994 r. Z kolei w tabeli 4 przedstawiono emisję do atmosfery zanieczyszczeń gazowych na przestrzeni lat. Z informacji zamieszczonych w tabeli 4 i na rysunku 4 wynika, że roczna emisja gazów do atmosfery w naszym kraju wynosi około 5 mln ton.

Dwutlenek siarki jest emitowany zarówno ze źródeł biogennych jak i antropogennych, przy czym udział obydwu źródeł w emisji jest mniej więcej

---

[2] Zob. Kalinowska A., Ekologia - wybór przyszłości, Editions Spotkania, Warszawa 1991 str. 131



Rysunek 3 Rodzaje substancji chemicznych emitowanych do atmosfery

jednakowy (po 50 - 70 mln. ton rocznie w skali światowej). Naturalnymi źródłami dwutlenku siarki są wulkany oraz procesy rozkładu materii organicznej. Dodatkowo siarczan dimetylu, który powstaje w oceanach, ulega w atmosferze przemianie do dwutlenku siarki. Emisje antropogenne, dominujące na lądzie i obszarach uprzemysłowionych, są spowodowane głównie spalaniem węgla zawierającego siarkę oraz procesami wytapiania rud nieżelaznych. Głównymi źródłami antropogennych zanieczyszczeń atmosfery dwutlenkiem siarki są:

Tabela 3

Całkowita emisja zanieczyszczeń powietrza[a)]

KRAJE	Dwutlenek siarki	Dwutlenek azotu	Tlenek węgla	Pyły	Lotne związki organiczne[b)]
	w tysiącach ton				
Kanada[c)]	3030	1939	10781	1855	2014
Meksyk[d)]	1100	462	234	354	231
USA	19518	21072	83960	7080	20287
Japonia[e)]	876	1476	2320	177	-
Australia	93	279	2454	-	582
Nowa Zelandia	-	146	-	-	-
Austria[f)]	71	182	1326	38	388
Belgia[g)]	420	300	272	-	139
Dania[h)]	158	267	695	-	95
Finlandia	139	268	556	-	209
Francja	1221	1519	9759	228	2286
Niemcy	3896	2904	9245	1336	2765
b. RFN	875	2426	6577	430	2073
Grecja	510	338	1480	-	243
Islandia[i)]	9	23	30	-	7
Irlandia	187	128	454	105	97
Włochy	1682	2041	9268	524	2396
Luksemburg[j)]	10	22	-	-	20
Holandia[k)]	164	545	899	52	411
Norwegia	36	229	805	21	284
Portugalia[l)]	286	216	1086	-	207
Hiszpania[m)]	2205	1247	4950	33	1118
Szwecja[n)]	101	399	1500	-	502
Szwajcaria[o)]	58	150	358	20	263
Turcja[p)]	750	512	-	-	-
Wielka Brytania	3188	2347	5641	444	2338
Czechy	1538	698	1045	501	205
Słowacja	374	224	313	226	107
Węgry	827	183	836	160	135
Polska	**2725**	**1120**	**2109**	**1517**	**777**
Ameryka Północna	24000	24000	94200	-	-
OECD Europa	15900	13600	49700	-	-
Unia Europejska-15	14200	12700	47500	-	-
OECD	42000	39500	149200	-	-

a). Dane odnoszą się do 1993 r. lub wczesnych lat 90-tych, chyba że zaznaczono inaczej. b). Nie metanowe. c). Dane dotyczące tlenku węgla odnoszą się do 1985 r. Dane obejmują wszystkie lotne związki organiczne. d). Dane odnoszące się do tlenków siarki dotyczą tylko elektrowni: pozostałe zanieczyszczenia pochodzą ze źródeł stacjonarnych. e). Dane dotyczące dwutlenku siarki odnoszą się do 1989 r. Dane dotyczące tlenku węgla odnoszą się do transportu drogowego. f). Dane szacunkowe dotyczące 1985 r. g). Dane odnoszące się do tlenku węgla i lotnych związków organicznych dotyczą tylko regionu Walonii. h). Lotne związki organiczne pochodzą ze źródeł mobilnych. i). Dane dotyczące tlenków węgla nie obejmują procesów przemysłowych. j). Dane dotyczące dwutlenku azotu i lotnych związków organicznych odnoszą się do 1985 r. Dane obejmują wszystkie lotne związki organiczne. k). Dane dotyczące lotnych związków organicznych obejmują metan ze spalania paliw. l). Dane o lotnych związkach organicznych dotyczą 1989 r. m). Dane dotyczą tylko transportu drogowego. n). Dane odnoszące się do tlenku węgla są szacunkami Sekretariatu i dotyczą 1988 r. Dane obejmują wszystkie lotne związki organiczne. o). Dane dotyczą wszystkich związków organicznych. p). Dane odnoszące się do dwutlenku siarki dotyczą tylko źródeł stacjonarnych.

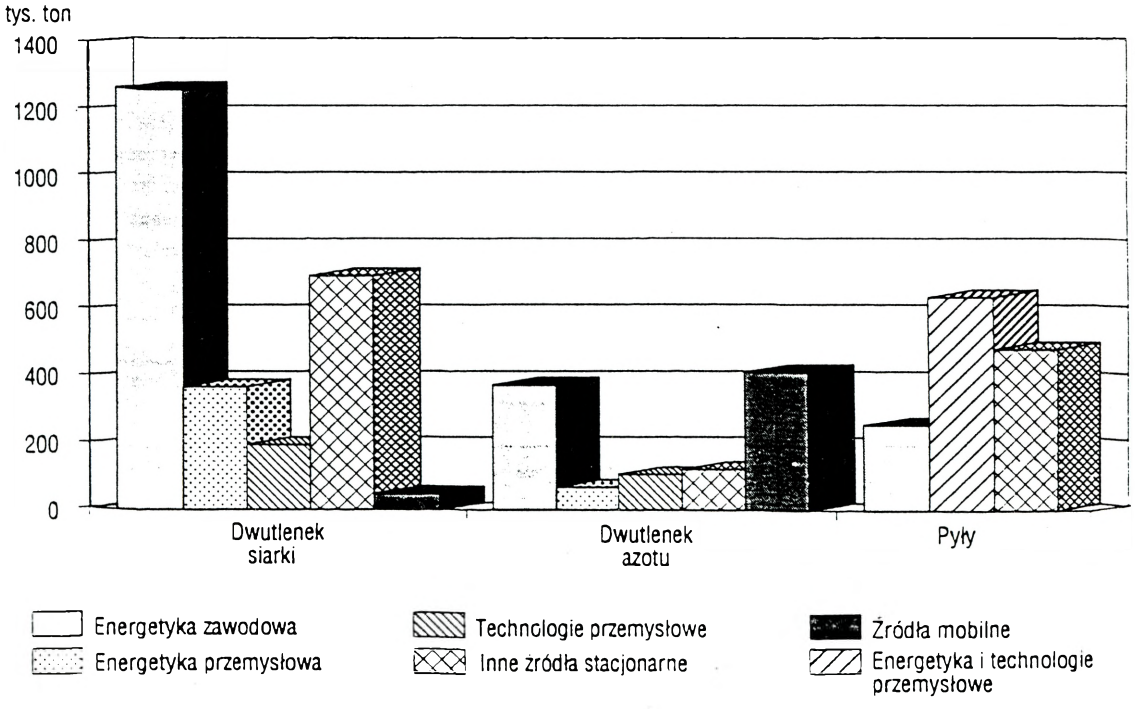
Tabela 4

Emisja do atmosfery zanieczyszczeń gazowych w Polsce (w tyś. ton)

Wyszczególnienie	Rok		
	1980	1985	1989
Zanieczyszczenia gazowe ogółem:	5134,8	4932,5	5113
w tym			
- dwutlenek siarki	2754,6	2652,4	2790
- tlenek węgla	1946,3	1353,2	1335
- tlenek azotu	187,4	670,2	782
- węglowodory	121,0	111,7	144

Źródło: Mierzwiński A., 1000 słów o ekologii i ochronie środowiska, wydawnictwo Bellona, Warszawa 1991 str. 199

elektrownie, elektrociepłownie, przemysł hutniczy, spalanie odpadów oraz wszelkiego rodzaju piece węglowe, zainstalowane w domach, służące do ogrzewania mieszkań.



Źródło: dane szacunkowe Instytutu Ochrony Środowiska.

Rysunek 4 Bilans emisji głównych zanieczyszczeń powietrza w Polsce w 1994 r

Całkowitą emisję dwutlenku siarki z poszczególnych źródeł przedstawiono: w Polsce - w tabeli 5, w wybranych krajach świata - w tabeli 6.

Tabela 5

Całkowita emisja dwutlenku siarki

Wyszczególnienie	1990	1991	1992	1993	1994	Udział procentowy
	w tysiącach ton					
Energetyka zawodowa	1570	1480	1310	1290	1270	48,8
Energetyka przemysłowa	500	430	420	400	375	14,4
Technologie przemysłowe	270	235	250	235	200	7,7
Inne źródła stacjonarne	760	760	750	750	710	27,2
Źródła mobilne	110	90	90	50	50	1,9
OGÓŁEM	**3210**	**2995**	**2820**	**2725**	**2605**	**100,0**

Tabela 6

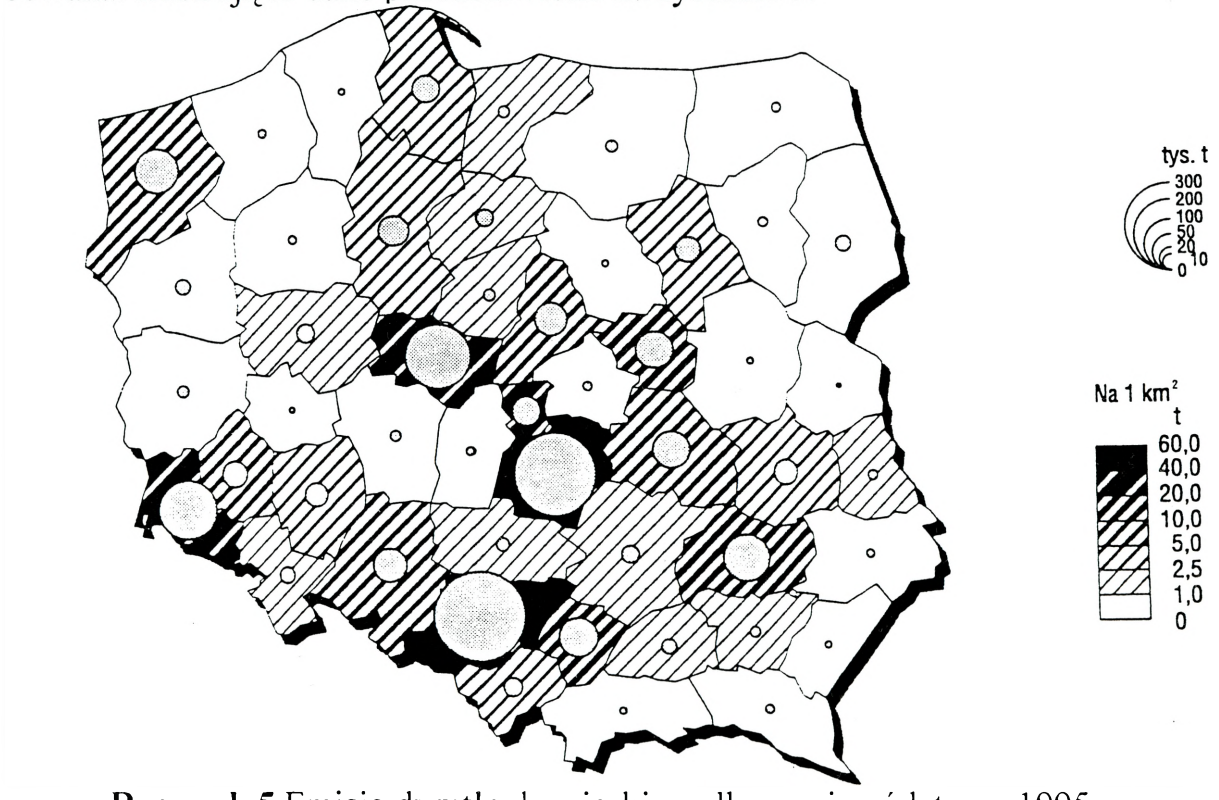
Emisja tlenków siarki według źródeł w latach 1980-1993

KRAJE	Ogółem				Źródła mobilne				Źródła stacjonarne			
	1980	1985	1990	1993	1980	1985	1990	1993	1980	1985	1990	1993
	w tysiącach ton											
Kanada[a)]	4643	3692	3323	-	137	95	95	-	4506	3597	3228	-
USA	23779	21219	20701	19518	897	842	915	721	22882	20377	19786	18797
Japonia[b)]	1277	-	876	-	-	-	-	-	1158	795	677	-
Austria[c)]	397	195	90	71	14	12	7	8	383	182	83	63
Belgia[d),e)]	181	117	94	94	5	5	5	6	176	112	89	88
Dania	448	339	183	158	21	27	19	14	427	312	164	144
Finlandia[e)]	584	382	260	139	10	8	4	5	574	377	256	134
Francja[e)]	3348	1451	1200	1221	126	107	145	155	3222	1344	1055	1066
Niemcy[e)]	-	-	5633	3896	-	-	99	96	-	-	5534	3800
b. RFN[e)]	3166	2369	878	875	89	68	55	55	3077	2301	823	820
Islandia	8,6	6,6	8,1	8,6	0,5	1,4	2,3	3,1	8,1	5,2	5,8	5,5
Irlandia	222	135	187	-	5	4	5	-	217	130	181	-
Włochy	3211	2244	1682	-	154	124	151	-	3057	2120	1531	-
Holandia	489	261	204	164	38	29	29	31	451	232	174	134
Norwegia[f)]	141	97	54	36	16	19	11	9	124	79	42	27
Portugalia[a)]	266	199	286	-	11	7	17	-	255	192	269	-
Hiszpania	-	2191	2205	-	-	-	86	-	-	2124	2119	-
Szwecja	507	266	136	101	44	39	37	24	464	227	99	77
Szwajcaria[g)]	126	95	63	58	6	5	5	3	120	90	58	55
W. Brytania	4903	3729	3754	3188	117	102	112	114	4786	3628	3641	3075
Węgry[e)]	1633	1403	1010	827	49	21	16	13	1584	1383	994	814
Polska	**4100**	**4300**	**3210**	**2725**	**62**	**62**	**54**	**50**	**4038**	**4238**	**3156**	**2675**

a). Dane dotyczą tylko dwutlenku siarki. b). Dane 1990 r. odnoszą się do 1989 r. c). Dane dotyczą tylko dwutlenku siarki. d). Dane dotyczą tylko rejonu Walonii. e). Dane 1993 r odnoszą się do 1992 r. f). Dane nie obejmują transportu oceanicznego i przelotów krajowych. g). Dane 1985 r. dotyczą 1984 r.

Źródło: „OECD Enviromental Date. Compendium 1995", OECD, Paryż 1995 r.

Dwutlenek siarki przedostaje się do atmosfery, a następnie wraz z powietrzem rozprzestrzenia się zgodnie z kierunkiem wiatru na odległość dziesiątek, a nawet setek kilometrów. Ze względu na dominujące w Polsce północno - zachodni i zachodni kierunki wiatru nad obszar naszego kraju przedostają się tzw. „zanieczyszczenia transgraniczne" z Niemiec i Czech. Tak np. w 1987 r do Polski trafiło z NRD - 487 tyś. ton, z Czechosłowacji - 356 tyś. ton, a z RFN - 165 tyś. ton dwutlenku siarki[3]. Z kolei Polska była źródłem zanieczyszczeń transgranicznych trafiających na obszar byłego ZSRR i innych krajów. Nasz eksport poza granicę ocenia się na 1,3 mln. ton. Z danych statystycznych wynika, że źródła antropogenne emitują do atmosfery takie ilości dwutlenku siarki, które powodują w Polsce opad rzędu 13,8 ton/rok/km^2. Jest to ilość kilkakrotnie przekraczająca średnią europejską, która wynosi 1,7 tony/rok/km^2. W poszczególnych rejonach kraju ilość dwutlenku siarki przypadająca na km^2 jest zróżnicowana. Ilustrują to dane przedstawione na rysunku 5.



Rysunek 5 Emisja dwutlenku siarki według województw w 1995 r.
Źródło: Informacje i opracowania statystyczne, Ochrona środowiska 1996, GUS Warszawa 1997

[3] Zob. Kozłowski St., Droga do ekorozwoju, Wyd. Naukowe PWN Warszawa 1994 s.20

Skutki oddziaływania dwutlenku siarki na ludzi, zwierzęta, rośliny, glebę i wody są proporcjonalnie do ilości działającego na nie gazu.

Tlenek węgla przedostaje się do atmosfery z dwóch źródeł: biogennych i antropogennych. Największa część ogólnoświatowej emisji dwutlenku węgla (60 - 90%) pochodzi ze źródeł naturalnych z rozpadu substancji organicznych. Podstawowe źródło antropogenne to niecałkowite spalanie paliw kopalnych, w szczególności w silnikach spalinowych. One zatem są sprawcami emisji tlenku węgla. Globalną, światową produkcję tlenku węgla ocenia się na ponad 250 mln ton w skali rocznej. Roczną emisję tego gazu w Polsce ocenia się na około 1,5 - 2 mln ton.

Tlenki azotu (NO i NO_2) tworzą się w takich naturalnych procesach jak wyładowania atmosferyczne czy bakteryjne trawienie materii organicznej. W procesach gnilnych z udziałem mikroorganizmów w początkowym stadium powstaje podtlenek azotu, który następnie zostaje utleniony do tlenku azotu. Antropogenne wytwarzanie tlenków azotu jest związane ze spalaniem w wysokiej temperaturze, kiedy jest możliwa reakcja azotu z tlenem. Tlenek azotu ulega w atmosferze łatwemu utlenianiu do dwutlenku azotu i mieszanina obu gazów traktowana jest jako NO_x. Całkowita ilość NO_x tworząca się podczas procesów spalania oraz stosunek NO do NO_2 zależą od rodzaju paliwa, stosunku ilości paliwa do powietrza oraz od temperatury spalania. Im wyższa temperatura spalania tym więcej tworzy się tlenków azotu. Emisję tlenków azotu trudniej jest ocenić niż emisję dwutlenku siarki. Szacuje się jednak, że w latach 60 - tych emisja ta uległa podwojeniu. Odtąd stale rośnie, chociaż w wolniejszym tempie. Emisję tlenków azotu przez źródła antropogenne w Polsce i na świecie przedstawiono odpowiednio w tabelach 7 i 8.

Tabela 7

Całkowita emisja dwutlenku azotu w Polsce

Wyszczególnienie	1990	1991	1992	1993	1994	Udział procentowy
	w tysiącach ton					
Energetyka zawodowa	370	395	370	380	380	34,4
Energetyka przemysłowa	130	140	115	70	70	6,3
Technologie przemysłowe	200	175	145	120	110	10,0
Inne źródła stacjonarne	100	100	100	130	125	11,3
Źródła mobilne	480	395	400	420	420	38,0
OGÓŁEM	**1280**	**1205**	**1130**	**1120**	**1105**	**100,0**

Tabela 8

Emisja tlenków azotu według źródeł w latach 1980-1993

KRAJE	Ogółem				Źródła mobilne				Źródła stacjonarne			
	1980	1985	1990	1993	1980	1985	1990	1993	1980	1985	1990	1993
	w tysiącach ton											
Kanada	1959	1984	1999	-	1297	1223	1218	-	662	760	781	-
USA	21469	20338	21373	21240	10368	9718	9670	9639	11101	10620	11703	11601
Japonia[a)]	1622	1322	1476	-	-	-	-	-	819	699	826	-
Austria[c)]	246	245	221	182	142	155	152	119	104	90	70	63
Belgia[b),e)]	168	147	172	173	79	79	98	97	89	68	74	76
Dania	273	294	270	267	131	146	158	148	142	148	112	119
Finlandia[b)]	264	252	290	268	137	152	182	176	127	100	108	92
Francja[b),f)]	1646	1400	1487	1519	-	-	-	-	786	490	427	431
Niemcy[b),g)]	-	-	3033	2904	-	-	1986	1953	-	-	1047	951
b. RFN[b)]	2926	2908	2460	2426	1587	1711	1769	1737	1339	1197	691	689
Islandia	14	21	24	23	12	20	23	22	1,8	1,3	1,0	0,9
Irlandia	73	91	128	-	35	42	60	-	39	49	68	-
Włochy	1585	1736	2041	-	753	907	1224	-	832	830	817	-
Holandia	584	578	575	545	344	337	352	338	239	239	228	208
Norwegia[c)]	184	215	230	229	140	174	182	182	44	40	48	47
Portugalia[d)]	165	96	216	-	106	57	131	-	59	39	85	-
Hiszpania	-	849	1247	-	-	-	758	-	-	395	489	-
Szwecja	454	-	411	399	319	-	337	328	135	-	74	71
Szwajcaria	196	-	184	150	138	-	125	96	58	-	59	54
W. Brytania	2395	2420	2731	2347	1022	1178	1497	1308	1372	1243	1184	1037
Węgry[b)]	273	263	238	183	111	111	116	94	162	152	122	89
Polska	-	**1500**	**1280**	**1120**	**463**	**460**	**480**	**420**	-	**1040**	**800**	**700**

a). Dane wstępne dotyczące 1990 r. b). Dane 1993 r. odnoszą się do 1992 r. c). Dane nie obejmują transportu oceanicznego i przelotów krajowych. d). Dane dotyczące źródeł ruchomych obejmują tylko transport powietrzny. e). Dane dotyczą tylko rejonu Walonii. f). Dane dotyczące źródeł ruchomych obejmują tylko transport drogowy. Dane dotyczące emisji ogółem nie obejmują niektórych emisji z sektora rolniczego. g). Dane wstępne dotyczące 1992 r.

Źródło: „OECD Enviromental Date. Compendium 1995", OECD, Paryż 1995 r.

Węglowodory w atmosferze pochodzą zarówno ze źródeł antropogennych jak i naturalnych. Źródła naturalne to procesy wegetacyjne niektórych organizmów, procesy gnilne, pożary lasów oraz gaz ziemny. Naturalną emisję węglowodorów w świecie szacuje się na około 30 - 60 mln ton rocznie. Przyczyną antropogenną emisji węglowodorów jest przede wszystkim spalanie paliw kopalnych oraz odparowanie paliw ciekłych podczas przechowywania, obróbki i transportu. Rodzaj węglowodorów emitowanych z rur wydechowych pojazdów mechanicznych czy pomp paliwowych zależy od rodzaju paliwa, sposobu spalania (np. wewnętrzne czy zewnętrzne), a także od obecności lub nieobecności urządzeń oczyszczających gazy spalinowe. Wśród węglowodorów zanieczyszczających atmosferę przeważają węglowodory alifatyczne (nasycone i nienasycone) i aromatyczne o małej masie cząsteczkowej; niektóre z nich tworzą się w procesie spalania. Alkeny w temperaturze 500 - 800^{o}C mają tendencję do polimeryzacji przebiegającej według mechanizmu rodnikowego, tworząc policykliczne węglowodory aromatyczne. Węglowodory uwolnione do atmosfery znajdują się w niej w postaci pary. Ulegają często adsorbcji na powierzchni pyłów (takich jak np. sadza i lotne popioły).

Freony czyli fluorochlorowęglany, będące związkami chemicznymi zawierającymi w swojej cząsteczce chlor, fluor, węgiel i niekiedy wodór, znajdujące się w atmosferze, pochodzą ze źródeł antropogennych. Znajdowały i wciąż znajdują zastosowanie w instalacjach chłodniczych, w przemyśle kosmetycznym, w produkcji gumy piankowej i pojemników polistyrenowych do pakowania żywności. Uwolnione do atmosfery są chemicznie obojętne. Dopiero po przedyfundowaniu do stratosfery ulegają rozpadowi, pod wpływem nadfioletowego promieniowania słonecznego, dostarczając atmosferze katalizatora rozpadu ozonu jakim jest chlor.

Pyły trafiające do atmosfery mają również swoje źródła antropogenne i biogenne. Naturalnymi źródłami pyłów w atmosferze są burze pyłowe, kurz, piana mórz i oceanów, pożary lasów i wybuchy wulkanów. Antropogenne źródła

pyłów wiążą się nierozerwalnie ze wszystkimi procesami produkcyjnymi i procesami spalania. Ilość i charakterystyka pyłów jakie powstają w procesie spalania paliw stałych zależy od:

- rodzaju paliwa - stopnia rozdrobnienia, zawartości i składu mineralogicznego popiołu, spiekalności, zawartości części lotnych, wilgotności;
- warunków spalania - rodzaju rusztu, natężenia cieplnego, komory paleniskowej, temperatury spalania, warunków przepływu powietrza i spalin itp.

Ponadto szczególnie „pyłotwórcze" są procesy metalurgiczne oraz produkcja materiałów budowlanych, zwłaszcza cementu. O stopniu szkodliwości pyłów decyduje przede wszystkim ich stężenie w atmosferze, skład chemiczny i mineralogiczny.

W zależności od źródła pochodzenia pyłu lub formy jego występowania przyjmuje się ich podział na:

- pyły dyspersyjne tzn. powstałe wskutek mechanicznego rozdrobnienia ciał stałych (np. pył węglowy przy kruszeniu i mieleniu węgla w zakładach energetycznych);
- pyły kondensacyjne powstałe wskutek skraplania się i zestalania się par różnych substancji chemicznych (np. sadza);

W zależności od wymiaru ziaren rozróżnia się:

- pyły o rozdrobnieniu mikroskopowym o wymiarach ziaren 1000 do 1 mikrometra;
- pyły o rozdrobnieniu koloidalnym o wymiarach ziaren od 1 do 0,001 mikrometra.

W Polsce głównym źródłem skażeń środowiska pyłami jest przemysł i sektor komunalno - bytowy. Elektrownie węglowe, elektrociepłownie, ciepłownie i technologie przemysłowe oraz gospodarstwa domowe emitują ogromne ilości pyłu. Ilustrują to dane zamieszczone w tabelach 9,10 i 11.

Tabela 9

Emisja pyłów w Polsce

Wyszczególnienie	1990	1991	1992	1993	1994	Udział procentowy
	w tysiącach ton					
Energetyka zawodowa	570	470	420	345	260	18,6
Energetyka przemysłowa	860	690	640	630	645	46,3
Technologie przemysłowe						
Inne źródła stacjonarne[a)]	520	520	520	520	490	35,1
OGÓŁEM	**1950**	**1680**	**1580**	**1495**	**1395**	**100,0**

a). Kotłownie lokalne, paleniska domowe, warsztaty rzemieślnicze, rolnictwo i inne

Źródło: dane Instytutu Ochrony Środowiska w zakresie energetyki zawodowej dla 1990-92 r. dane Centrum Informatyki Energetyki

Tabela 10

Emisja pyłów w wybranych krajach według źródeł w latach 1980-93

KRAJE	Ogółem				Źródła mobilne				Źródła stacjonarne			
	1980	1985	1990	1993	1980	1985	1990	1993	1980	1985	1990	1993
	w tysiącach ton											
Kanada	1907	1709	1855	-	98	111	118	-	1809	1598	1736	-
USA[a),g)]	8992	7812	7345	7080	1308	1379	1539	1568	7684	6433	5807	5512
Japonia[b),h)]	-	152	177	-	-	52	69	-	-	100	108	-
Austria[c),e)]	79	58	39	38	12	12	13	13	67	46	26	25
Francja[a),e)]	435	295	234	228	40	46	74	76	395	249	160	152
Niemcy[a),i)]	-	-	2396	1336	-	-	100	103	-	-	2296	1233
b. RFN[a)]	691	566	436	430	63	62	70	72	628	504	366	358
Irlandia	94	117	105	-	8	10	10	-	86	107	95	-
Włochy[d)]	433	445	524	-	170	147	225	-	263	298	299	-
Holandia	143	97	77	52	27	23	22	22	116	74	55	30
Norwegia	25	21	22	21	6	8	7	8	19	13	15	13
Hiszpania[e)]	-	-	-	-	19	23	33	-	-	-	-	-
Szwajcaria	28	-	20	20	1	-	1	1	27	-	19	18
W. Brytania	560	545	460	444	124	146	210	232	436	399	250	212
Czechy[a)]	-	1015	631	501	-	-	-	-	-	-	-	-
Słowacja[c)]	-	358	308	226	-	-	-	-	-	-	-	-
Węgry[a)]	577	492	205	160	19	11	6	10	557	481	199	150
Polska	**-**	**-**	**1975**	**1517**	**24**	**23**	**25**	**22**	**2338**	**1787**	**1950**	**1495**

a). Dane 1993 r. odnoszą się do 1992 r. b). Dane 1985 r. odnoszą się do 1986 r. Dane 1990 r. dotyczą 1989 r. c). Dane 1993 r. odnoszą się do 1991 r.. d). Dane 1980 r. dotyczące emisji ogółem oraz źródeł stacjonarnych nie obejmują procesów przemysłowych. e). Dane dotyczące źródeł mobilnych obejmują tylko transport drogowy. f).Dane z lat 1980 i 1985 dotyczące źródeł stacjonarnych odnoszą się do największych źródeł emisji. g). Dane dotyczą pyłu zawieszonego ogółem. h). Dane dotyczące emisji ogółem oraz źródeł stacjonarnych nie obejmują procesów produkcyjnych. i). Dane wstępne.

Źródło: „OECD Enviromental Date. Compendium 1995", OECD, Paryż 1995 r.

Tabela 11

Emisja do atmosfery zanieczyszczeń pyłowych w Polsce na przestrzeni lat (w tyś. ton)

Wyszczególnienie	Rok			
	1980	1985	1989	1994
Zanieczyszczenia pyłowe ogółem:	2337,7	1787,8	1513,0	1395,0
w tym:				
- popioły lotne	1592,6	1333,1	1193,0	
- pyły z cementowni	361,6	147,3	92,0	
- pyły metalurgiczne	180,0	166,0	25,0	
- pyły z produkcji nawozów	8,9	15,3	b.d.	

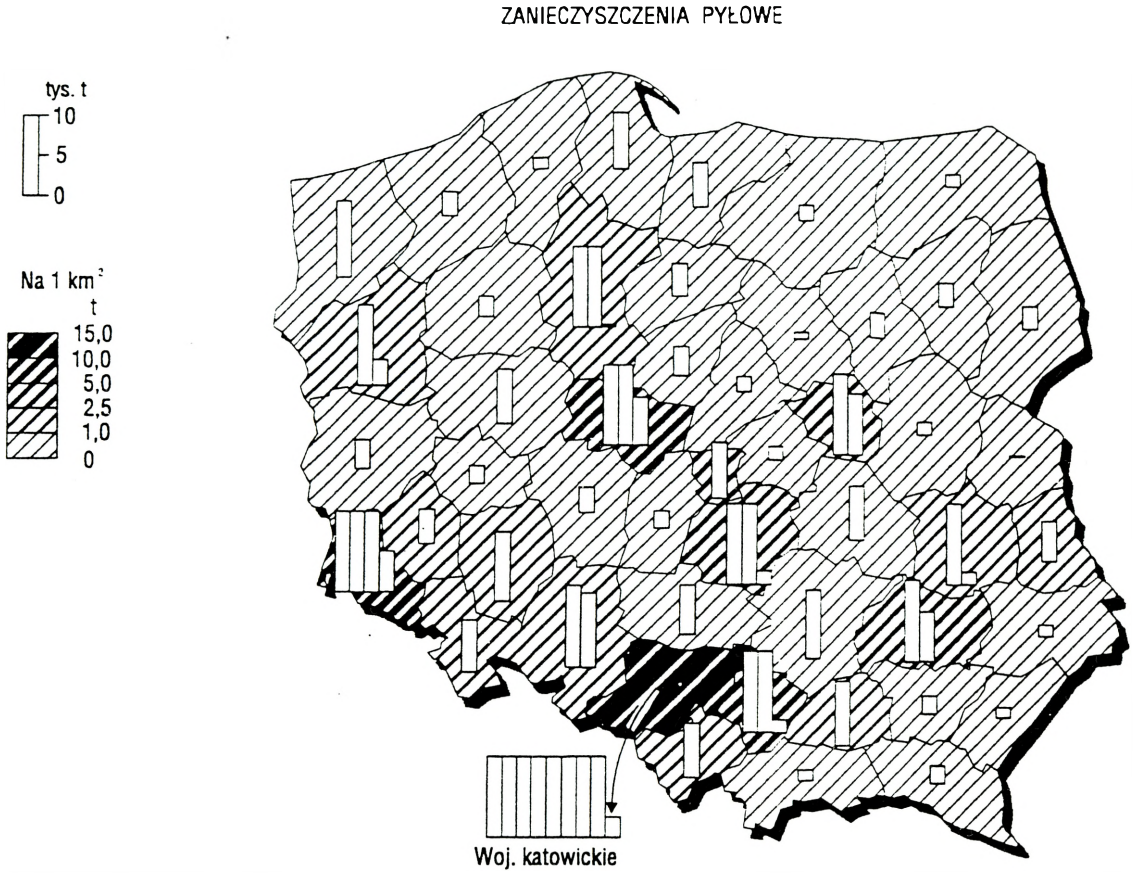
Źródło: Mierzwiński A., 1000 słów o ekologii i ochronie środowiska, Wydawnictwo Bellona, Warszawa 1991 str. 199

Z informacji zawartych w tabeli 11 wynika, że w statystyce wyróżnia się pyły lotne, pyły z cementowni, pyły metalurgiczne i pyły z produkcji nawozów. Pyły lotne to przede wszystkim popioły powstające ze spalania węgla kamiennego i brunatnego. Charakteryzują się tym, że mają odczyn alkaliczny (pH zawarte jest w przedziale 7,8 - 11). Pyły te powodują alkalizację gleby. Pyły z cementowni mają podobne właściwości. Spośród metalicznych substancji zanieczyszczających powietrze przedmiotem szczególnego zainteresowania, ze względu na toksyczność, są ołów, rtęć i kadm. Głównym źródłem emisji ołowiu są spaliny z silników gaźnikowych. Ołów w spalinach pochodzi z tetraetyloołowiu, dodawanego do benzyny silnikowej jako antydetonator. Emisję ołowiu do środowiska przez przeciętny, współczesny samochód ocenia się na 1 kg czystego pierwiastka rocznie. Około 75 % ogólnej ilości ołowiu zawartego w spalinach stanowią cząstki mniejsze niż 5 μm, przenoszone z wiatrem na duże odległości. Pozostałe 25 % stanowią cząstki większe i tym samym cięższe, które opadają w najbliższym sąsiedztwie drogi. Znaczne zmniejszenie ilości ołowiu w powietrzu nastąpi

po wycofaniu z rynku benzyn ołowiowych. Głównym źródłem zanieczyszczeń rtęcią i kadmem jest spalanie węgla.

W Polsce istotną rolę w skażeniu atmosfery pyłami metalurgicznymi spełniają także zakłady przetwórcze cynku i miedzi.

Opady pyłu nie są równomierne. Pozostają one w ścisłym związku z rozmieszczeniem źródeł zapylenia. Ilustrują to dane zamieszczone na rysunku 6.



Rysunek 6 Emisja przemysłowych zanieczyszczeń powietrza według województw w 1995 r.

Z informacji zawartych na rysunku 6 wynika, że w Polsce największym obszarem, na którym został przekroczony dopuszczalny poziom emisji pyłowej, jest Górny Śląsk. W tym rejonie znajdują się obszary, na które wypada 250 ton/rok/km^2. Natomiast średnia wielkość emisji pyłowych, zanieczyszczających powietrze atmosferyczne, wynosi w skali kraju 6 ton/rok/km^2.

1.3. Skutki skażeń chemicznych atmosfery

Skażenia chemiczne atmosfery wpływają na zdrowie ludzi, powodują degradację i dewastację środowiska, a także są odpowiedzialne za efekt cieplarniany oraz zanik warstwy ozonowej. Wymienione skutki są rezultatem oddziaływania poszczególnych zanieczyszczeń trafiających do atmosfery, bądź też są rezultatem oddziaływania zanieczyszczeń skumulowanych.

Wpływ skażeń na zdrowie ludzi

Oddziaływanie na zdrowie ludzi poszczególnych zanieczyszczeń trafiających do atmosfery, zależy od ich właściwości. Decydujące znaczenie mają oczywiście właściwości toksyczne. Większość wprowadzonych do atmosfery substancji takie właściwości posiada.

Dwutlenek siarki - gaz rozpuszczalny w wodzie, silnie drażni górne odcinki dróg oddechowych i z tego powodu nie przenika w znaczących ilościach do płuc. Przy dużych stężeniach większość gazu jest zatrzymywana w górnych odcinkach układu oddechowego i jest usuwana z organizmu przez kaszel i kichanie. Ekspozycja na dwutlenek siarki powoduje skurcz oskrzeli i utrudnia oddychanie. Gaz jest w związku z tym niebezpieczny dla osób cierpiących na choroby związane z układem oddechowym. Należy podkreślić, że dwutlenek siarki łatwo adsorbuje się na drobnych cząstkach pyłu (ubocznych produktach spalania węgla takich jak: węgiel drzewny, tlenki żelaza, sole metali). W obecności wilgoci cząstki pyłów katalizują utleniacze SO_2 do SO_3 , który natychmiast łączy się z wodą tworząc kwas siarkowy. Gdy wilgoć odparuje, pyły pokryte warstewką kwasu siarkowego pozostają rozproszone w atmosferze. Około 80 % cząstek tych pyłów ma średnicę mniejszą od 2 μm. W takiej postaci pyły łatwo przenikają do płuc. Tu kwas siarkowy rozpuszcza się w płynie płucnym i jeżeli jego stężenie jest dostatecznie duże niszczy tkankę układu oddechowego.

Tlenek węgla jest silnie toksyczny z powodu jego zdolności zastępowania związanego przez hemoglobinę tlenu. Tworzy się karboksyhemoglobina. Stopień zatrucia zależy od stężenia tlenku węgla, czasu ekspozycji oraz do pewnego

stopnia od objętości wdychanego gazu na minutę. Silne zatrucia kończą się śmiercią. Wprowadzone do atmosfery ilości tlenku węgla, w większości wypadków, nie dają stężeń powodujących bezpośrednie porażenie. Tym niemniej mogą one wywoływać negatywny wpływ na organizm człowieka. Tak np. zmiany w pracy serca są zauważalne przy stężeniu tlenku węgla równym 5 %. Stąd ekspozycja na tlenek węgla jest szczególnie niebezpieczna dla osób chorych na serce.

Tlenki azotu powodują podrażnienie płuc, bronchity, zapalenie płuc i ogólny wzrost podatności organizmu na zarażenia wirusowe. Główne niebezpieczeństwo dla ludzi wynika jednakże z powstawania, w wyniku reakcji fotochemicznych z udziałem tlenków azotu i węglowodorów, tzw. smogu fotochemicznego. Łańcuch reakcji fotochemicznych, które prowadzą do tworzenia się w atmosferze ozonu i smogu wymaga obecności zarówno tlenków azotu NO_x jak i węglowodorów. Ich przebieg jest następujący: dwutlenek azotu rozkłada się pod wpływem światła słonecznego na tlenek azotu i tlen w postaci wolnego rodnika. Wolny rodnik tlenu szybko reaguje z cząstką tlenu tworząc cząstkę ozonu. Powstały w reakcji ozon reaguje z tlenkami azotu regenerując zarówno cząstkę tlenu jak i dwutlenku azotu. Ten ostatni znów jest rozkładany przez światło słoneczne na tlenek azotu i wolny rodnik tlenowy i reakcja powtarza się łańcuchowo. W ten sposób powstaje stacjonarny stan równowagi pomiędzy dwutlenkiem azotu i tlenkiem azotu. Jest to tzw. stan fotostacjonarny. W wyniku szeregu innych reakcji fotochemicznych z udziałem rodnika hydroksylowego węglowodory w atmosferze są utleniane do rodników nadtlenkowych, które z kolei utleniają NO do NO_2. W ten sposób zmniejszenie realnego stężenia NO powoduje przesunięcie stałej równowagi stanu stacjonarnego NO_2/NO w stronę układu faworyzującego tworzenie się ozonu.

Ozon jest toksyną układu oddechowego. Przenika łatwo do oskrzelików i pęcherzy płucnych. Ostra ekspozycja na ozon, zdarzająca się głównie w przypadku zagrożenia związanego z wykonywanym zawodem, niszczy tkanki układu oddechowego i powoduje obrzęk płuc. Długotrwała (chroniczna) ekspozycja na

ozon może prowadzi do rozedmy płuc. Smog fotochemiczny (czyli mieszanina ozonu, tlenków węgla i węglowodorów) podrażnia też błony śluzowe, oczy a także skórę. Z reguły nie powoduje on masowych zgonów. Atakując organizm człowieka zmniejsza jego odporność na choroby, co może z kolei spowodować śmierć. Szkodliwość i zagrożenie smogiem fotochemicznym zależą w znacznej mierze od warunków klimatycznych. Powstawaniu smogu sprzyjają wyż atmosferyczny (charakteryzuje się intensywnym promieniowaniem słonecznym) oraz inwersja (zanieczyszczenia nie unoszą się do wyższych warstw atmosfery). Stąd też smog fotochemiczny powstaje najczęściej w warunkach klimatu subtropikalnego lub tropikalnego. Utożsamiany jest ze smogiem „typu Los Angeles". Inne właściwości posiada smog „londyński" pochodzący głównie ze spalania węgla, zawierający przede wszystkim dymy, sadze, tlenki siarki oraz węgla. Pojawia się on w wielomilionowych miastach, w strefie klimatu umiarkowanego. Działając na ludzi wywołuje masowe zachorowania i nagłe zgony.

Węglowodory w przeważającej liczbie przypadków, przy odpowiednich stężeniach, są toksyczne w stosunku do ludzi. Tak np. benzen jest trucizną atakującą szpik kostny i związkiem rakotwórczym odpowiedzialnym prawdopodobnie za białaczkę. Rakotwórcze są równie benzenopireny.

Pyły wywierają zróżnicowany wpływ na zdrowie ludzi. Istotne są przy tym rozmiary cząstek i ich skład. Duże cząstki pyłów o średnicy większej niż 30 μm, nie przedstawiają poważniejszego zagrożenia dla zdrowia i stosunkowo szybko osiadają na powierzchni. W przeciwieństwie do nich cząstki o średnicy 1 - 10 μm potrzebują 4 - 6 dni na sedymentację, a dla cząstek o średnicach mniejszych niż 1 μm okres ten jest dłuższy. Cząstki o średnicy mniejszej od 5 μm dostają się do rejonu tchawicowo - oskrzelowego i płucnego gdzie podrażniają układ oddechowy potęgując ewentualnie już występujące zaburzenia pracy tego układu. Pyły niektórych pierwiastków, w przypadku przedostania się do organizmu, mogą powodować różnego rodzaju zatrucia i choroby. W szczególności

wdychane przez dłuższy okres pyły metali mogą powodować zatrucia przedstawione w tabeli 12.

Tabela 12

Wpływ metali ciężkich na zdrowie człowieka

Lp.	Nazwa metalu	Objawy zatrucia
1	Ołów (Pb)	Zaburzenia układu nerwowego, dolegliwości wątroby i nerek
2	Kadm (Cd)	Dolegliwości układu nerwowego, zaburzenia pracy nerek
3	Rtęć (Hg)	Zaburzenia układu nerwowego (pamięć, funkcje sensoryczne i koordynacyjne), zaburzenia pracy nerek
4	Nikiel (Ni)	Choroby układu oddechowego, astma, wady rozwojowe, wrodzone nowotwory (nos, płuca)
5	Chrom (Cr)	Nowotwory (płuca, układ żołądkowo - jelitowy), stany zapalne skóry
6	Arsen (As)	Nowotwory (płuca), zaburzenia dermatologiczne (stany zapalne skóry)
7	Tal (Tl)	Akumulacja w organizmie
8	Vanad (V)	Podrażnienia dróg oddechowych, astma, zaburzenia nerwowe, zmiany obrazu krwi
9	Beryl (Be)	Stany zapalne skóry, wrzody, stany zapalne błon śluzowych

Znane są także takie choroby zawodowe jak: pylica, ołowica lub fluoroza, będące następstwem oddziaływania pyłów węgla, ołowiu oraz par fluoru.

Degradacja i dewastacja środowiska

Zanieczyszczenia trafiające do atmosfery ostatecznie łączą się z deszczem lub śniegiem, opadają na ziemię i stają się substancjami zanieczyszczającymi wodę i gleby. Długotrwałe oddziaływanie zanieczyszczeń może w konsekwencji doprowadzić do pogorszenia się stanu środowiska przyrodniczego (degradacji środowiska) lub zniszczenia środowiska (dewastacji środowiska) na określonym terenie. Do takich skutków prowadzi oddziaływanie prawie wszystkich substancji skażających atmosferę.

Dwutlenek siarki w powietrzu, w obecności wilgoci i pyłów, przekształca się w trójtlenek siarki, a ten znów łącząc się z wilgocią powietrza tworzy kwas siarkowy. Kwas wypada do gleby i wody w postaci tzw. „kwaśnych deszczy",

które przyczyniają się do zakwaszenia gleby. Dwutlenek siarki oddziałowuje też na rośliny, powodując uszkodzenie ich organów wegetatywnych. Charakter tych uszkodzeń, zależy, co zrozumiałe, od stężenia gazu, czasu oddziaływania oraz ogólnych warunków środowiskowych np. gruntu.

Tlenek węgla ma bezpośredni wpływ na efekt cieplarniany i zmiany warstwy ozonowej.

Tlenki azotu podobnie jak dwutlenek siarki są przyczyną „kwaśnych deszczy", przy czym udział w nich kwasu azotowego wynosi szacunkowo około 30 %. Ozon, węglowodory i tlenki azotu, będące jak już wcześniej wspomniano składnikiem smogu fotochemicznego oddziaływują negatywnie na plony roślin trawiastych. Ozon powoduje uszkodzenie tkanek wszystkich roślin i hamuje proces fotosyntezy. Dodatkowo powoduje podatność na choroby i wysuszanie. Jeśli chodzi o niszczenie roślin to ozon, dwutlenek azotu i dwutlenek siarki działają synergicznie.

Pyły o właściwościach alkalicznych alkalizują glebę, przyczyniając się tym samym do jej neutralizacji, co jest korzystne w przypadku jednoczesnego oddziaływania „kwaśnych deszczy". Jeżeli proces alkalizacji przeważa ,w dłuższym okresie czasu , następuje degradacja lub dewastacja gleby. Pyły metaliczne zatruwają glebę i wody, przy czym głównie w rejonie bezpośrednio przylegającym do źródła ich emisji. Znaczny ciężar właściwy tych pyłów powoduje, że zasięg ich rozprzestrzeniania się nie jest duży. Atomy metali po dostaniu się do gleb i wód zmieniają kwasowość środowiska. Przedostają się do organizmów roślinnych, a w łańcuchu pokarmowym również do zwierzęcych i ludzkich. Niektóre metale mają zdolność do kumulowania się w organizmach roślinnych i zwierzęcych. Np. ołów wykazuje zdolność kumulowania się w tlenkach takich roślin jak: sałata, szpinak, owoce, rośliny pastewne. U ludzi ołów odkłada się w tkance nerwowej, mózgu, wątrobie, kościach i nerkach. Znajdujący się w organizmie ołów wywołuje zaburzenia w syntezie hemoglobiny. Podobnie negatywne

działanie wykazują inne metale trafiające do organizmów roślinnych i ludzkich. W sumie pyły są istotnym źródłem degradacji i dewastacji środowiska.

Efekt cieplarniany

Efekt cieplarniany to zjawisko ocieplania atmosfery, które, jak ustalono, miało miejsce już w XIX stuleciu. Nasiliło się zaś w wieku XX. Zjawisko to, tak się przynajmniej powszechnie sądzi, spowodowane jest zwiększoną ilością zanieczyszczeń w atmosferze, a głównie wzrostem zawartości w niej dwutlenku węgla oraz niektórych innych gazów. Roczna emisja węgla (w postaci dwutlenku węgla) ze spalania paliw kopalnych i drewna wzrosła z 93 milionów ton w 1860 roku do około 21 miliardów ton w roku 1993 (co oznacza w przybliżeniu 3,5 tony rocznie na statystycznego mieszkańca Ziemi). Zjawisko dotyczy większości państw współczesnego świata. Ilustrują to tabele 13 - przedstawiająca emisję gazów cieplarnianych w Polsce oraz 14 - emisję tych samych gazów w wybranych krajach i ogółem w świecie. Z danych statystycznych wynika, że najgwałtowniejszy wzrost emisji gazów cieplarnianych nastąpił w ciągu ostatnich 30-40 lat. Wzrost emisji dwutlenku węgla, w wyniku działalności człowieka, prowadzi do zachwiania równowagi biogeochemicznej cyklu węglowego. Ten ostatni dotyczy wymiany węgla, głównie w postaci dwutlenku węgla, pomiędzy atmosferą, biosferą (żyjące rośliny i gleba) i oceanami (największym rezerwuarem rozpuszczonego dwutlenku węgla)[4]. Atmosferyczny dwutlenek węgla jest główną ostoją życia na Ziemi; jest on asymilowany przez zielone rośliny i w konsekwencji przemieniony na podstawowy pokarm. Dodatkowo w procesie tym wydzielany jest tlen, co powoduje, że jego poziom w atmosferze jest praktycznie stały. Dwutlenek węgla oraz para wodna są odpowiedzialne za utrzymywanie na Ziemi temperatury na poziomie gwarantującym życie. Proces ten można

[4] Biosfera i atmosfera zawierają odpowiednio około 2000 i 700 miliardów ton węgla. Oceany zawierają prawie 14 razy więcej tego pierwiastka niż biosfera i atmosfera razem wzięte

Tabela 13

Emisja gazów cieplarnianych w Polsce w 1992 r.

WYSZCZEGÓLNIENIE	Dwutlenek węgla	Metan	Podtlenek azotu	Tlenki azotu	Tlenek węgla	Niemetanowe lotne związki organiczne
	w Gg					
Procesy spalania	**360988**	**821**	5,8	**1242**	**1495**	**416**
Energetyka	360927	28	5,8	1242	1495	377
energia i jej przetwarzanie	223009	8	3,06	605	108	10
przemysł	37259	10	0,29	135	41	23
transport - źródła ruchome	29473	8	1,39	417	1283	334
transport - źródła stacjonarne	1002	0,03	0,01	0,4	0,4	0,23
gospodarka komunalna	18	śl.[a)]	śl[a)]	0,02	0,002	śl.a)
gospodarka mieszkaniowa	64933	1,6	0,87	39	25	3
rolnictwo i leśnictwo	5233	0,2	0,17	46	38	7
spalanie biomasy	4038	0,15	0,08	5	14	1,02
Lotna emisja paliw	61	793	.	.	.	39
system paliw ciekłych	53	0,5	-	-	-	34
system paliw gazowych	8	164	-	-	-	5
system węglowy	-	628	-	-	-	-
Procesy przemysłowe	**10603**	**8**	**12,9**	**40**	**75**	**59**
Żelazo i stal	302	0,6	.	9	42	11
Metale nieżelazne	35	.	.	0,13	33	0,04
Przemysł chemii nieorganicznej	1493	7,6	12,9	31	.	8
Przemysł chemii organicznej	0,09	.	.	.	.	13
Produkcja cementu	7971	.	.	.	.	16
Inne	802	.	.	.	.	11
Wykorzystanie rozpuszczalników	.	.	.	.	.	**165**
Wykorzystanie farb	.	.	.	.	.	62
Odtłuszczenie i czyszczenie chemiczne	.	.	.	.	.	22
Produkty chemiczne	.	.	.	.	.	4
Inne	.	.	.	.	.	77
Rolnictwo	-	**704**	**31,49**	**1,34**	**40**	-
Fermentacja jelitowa	-	647	-	-	-	-
Odchody zwierzęce	-	56	-	-	-	-
Gleby	-	-	31,43	-	-	-
Spalanie odpadów rolniczych	-	1,1	0,06	1,34	40	-
Zmiana użytkowania gruntów i leśnictwo	**-12152[b)]**	**0,004**	**śl.[a)]**	**0,001**	**0,06**	-
Wylesianie	244	0,004	śl.[a)]	0,001	0,06	-
Zamiana łąk na lasy	5236	-	-	-	-	-
Gospodarka leśna	-17632[b)]	-	-	-	-	-
Odpady	-	**941**	-	-	-	-
Składowiska odpadów	-	844	-	-	-	-
Oczyszczalnie ścieków	-	97	-	-	-	-
OGÓŁEM[c)]	**359439**	**2474**	**50**	**1283**	**1610**	**640**

a). Wielkości śladowe b). Wartości ze znakiem „minus" oznaczają pochłoniętą ilość gazu. c). Nie obejmuje pozycji „Spalanie biomasy".

Źródło: Raport Rządowy na I Konferencję Stron Ramowej Konwencji Narodów Zjednoczonych w Sprawie Zmian Klimatu. Warszawa 1994.

Tabela 14

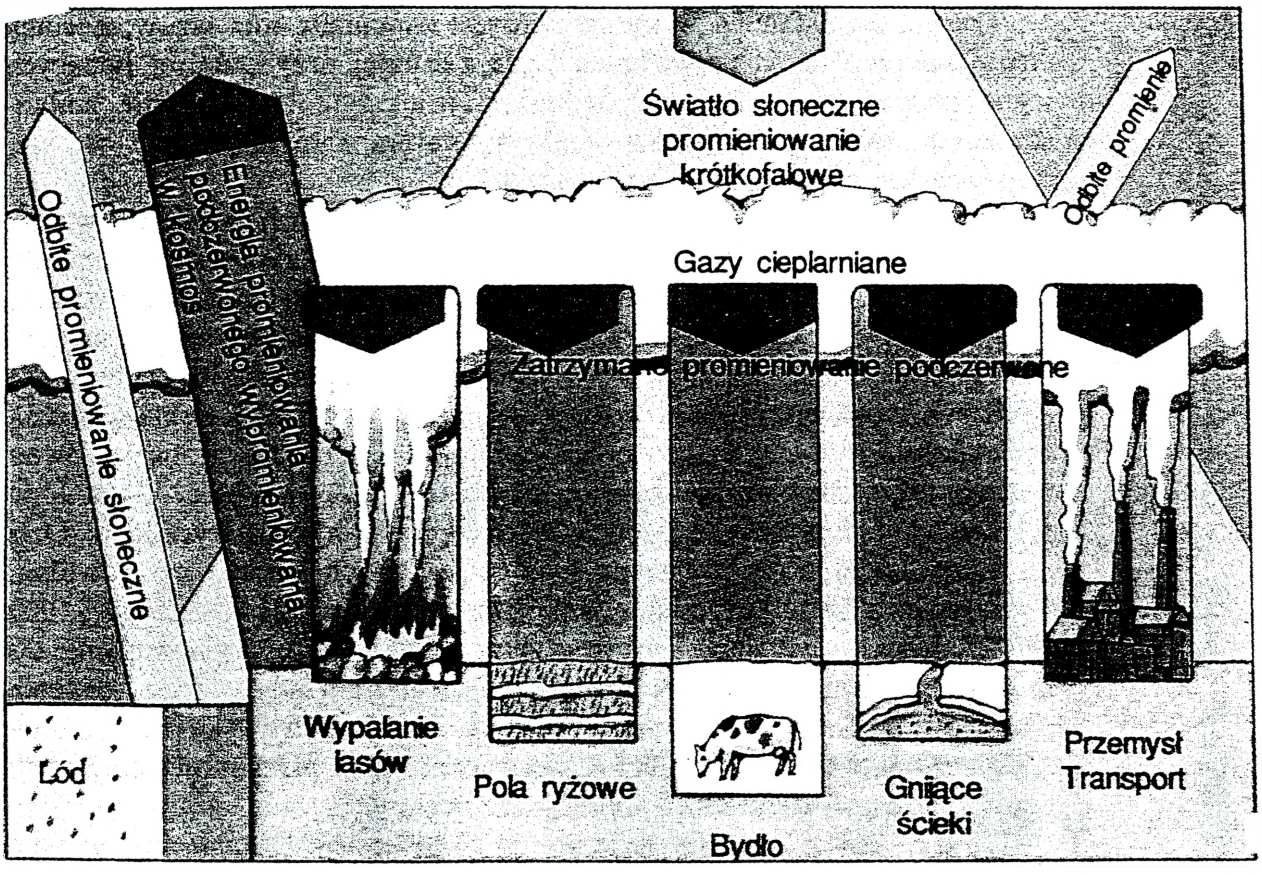
Emisja gazów cieplarnianych

KRAJE	Metan	Chlorofluoro-pochodne węglowodorów	Podtlenek azotu	Dwutlenek węgla		
				ogółem	z wykorzystania energii	z procesów produkcyjnych
	w tysiącach ton					
Kanada	2153	5	92	459390	443260	16130
Meksyk	2400	10	.	336724	323420	13304
USA	29000	60	428	5128734	5094560	34174
Japonia	1380	47	48	1146360	1090660	55700
Australia	4500	3,4	.	286283	282920	3363
Nowa Zelandia	2087	0,8	1248	30220	27730	2490
Austria	608	6	4	62580	57000	5580
Belgia	179	3	27	116782	113200	3582
Dania	396	2	23	61190	59190	2000
Finlandia	249	0,8	21	56330	55130	1200
Francja	3850	24	223	416140	368140	48000
Niemcy	6164	15	223	921740	896740	25000
Grecja	342	3	14	80320	74430	5890
Islandia	21	0,06	-	2763	2360	403
Irlandia	723	1	.	34360	33510	850
Włochy	3637	17	116	435281	407700	27581
Luksemburg	7	-	.	11815	11540	275
Holandia	1160	33	41	178950	170850	8100
Norwegia	294	0,22	12	38490	31590	6900
Portugalia	254	3	.	49900	45900	4000
Hiszpania	2142	12,5	.	258034	222770	35264
Szwecja	490	0,7	11	55440	51760	3680
Szwajcaria	230	1,6	10	49295	43220	6075
Turcja	1253	4	.	161993	150060	11933
Wielka Brytania	4173	17	78	564351	558370	5981
b. Czechosłowacja	710	3	.	182946	178810	4136
Węgry	581	1,7	.	64325	62980	1345
Polska	**2700**	**2,88**	**.**	**343210**	**339380**	**3830**
Ameryka Północna	33600	74	.	5924840	5861240	63600
OECD Europa	26200	143	.	3555760	3353460	202300
Unia Europejska-15	24400	137	.	3303230	3126230	177000
OECD	67800	269	.	10943510	10616010	327500
Kraje europejskie nie należące do OECD	13300	14	.	881105	856390	24715
Afryka	16000	12	.	699828	674690	25138
Azja i Kraje Bliskiego Wschodu	75300	27	.	2663333	2561600	101733
Chiny	40000	8	.	2686281	256870	123411
b. ZSRR	28000	44	.	3361998	3298710	63288
Ameryka Łacińska	20400	36	.	1033074	1014190	18884
Kraje nie należące do OECD ogółem	193000	140	.	11006710	10649510	357200
Świat	260800	410	.	21825770	21141070	684700

Źródło: „OECD Enviromental Data. Compendium 1995", OECD. Paryż 1995 r.

przedstawić następująco: około połowa energii słonecznej, która dociera do Ziemi zostaje przez nią zaabsorbowana. Reszta ulega częściowemu odbiciu, a częściowo zostaje zaabsorbowana przez atmosferę. Około 60% zaabsorbowanej

energii słonecznej jest zużywane na parowanie oceanów, ogrzewanie rzek, jezior oraz ogrzewanie gleby i atmosfery. Pozostałe 40 % energii zostaje wydzielone w postaci promieniowania długofalowego. Dwutlenek węgla, para wodna oraz pewna ilość innych gazów znajdujących się w atmosferze absorbują znaczną część tej energii i emitują ją w kierunku powierzchni Ziemi co powoduje jej ogrzewanie. Ten proces nazywamy „naturalnym efektem cieplarnianym". Nazwa nawiązuje do zjawisk zachodzących w cieplarni, gdzie szkło spełnia podobną rolę. Proces powstawania efektu cieplarnianego przedstawia rysunek 7.



Rysunek 7 Proces powstawania efektu cieplarnianego

Korelację między zawartością dwutlenku węgla w atmosferze a temperaturą Ziemi badano pośrednio za okres minionych kilkuset tysięcy lat. Analizowano zawartość dwutlenku węgla w pęcherzykach powietrza uwięzionych w masywach lodowych a stosunek izotopów wodoru do deuteru umożliwiał oszacowa-

nie wieku odpowiedniego lodowca.[5] Zgodnie z przeprowadzonymi badaniami najwyższa temperatura, około 2,5°C wyższa od dzisiejszej, występowała około 130 tyś. lat temu, gdy stężenie dwutlenku węgla osiągnęło najwyższą wartość 300 ppm (parts per million). Najniższa temperatura Antarktyki w badanym okresie, o około 10 °C niższa od dzisiejszej, występowała przed 150 tyś lat i ponownie około 20 tyś. lat temu, przy stężeniu dwutlenku węgla około 185 - 195 ppm. Nie ulega wątpliwości, że istnieje bezpośrednia zależność między zawartością dwutlenku węgla w atmosferze, a temperaturą Ziemi. Od połowy bieżącego stulecia prowadzone są pomiary zawartości dwutlenku węgla w dolnej troposferze, w miejscach pozbawionych wpływów ludzkich (przylądek Barrow na Alasce, szczyty Kaukazu, Mauna Loa na Hawajach). Pomiary jednoznacznie wskazują na wzrost koncentracji dwutlenku węgla w atmosferze wynoszący średnio 1 ppm na rok (cząstek CO_2 na milion cząstek objętości powietrza w ciągu roku).

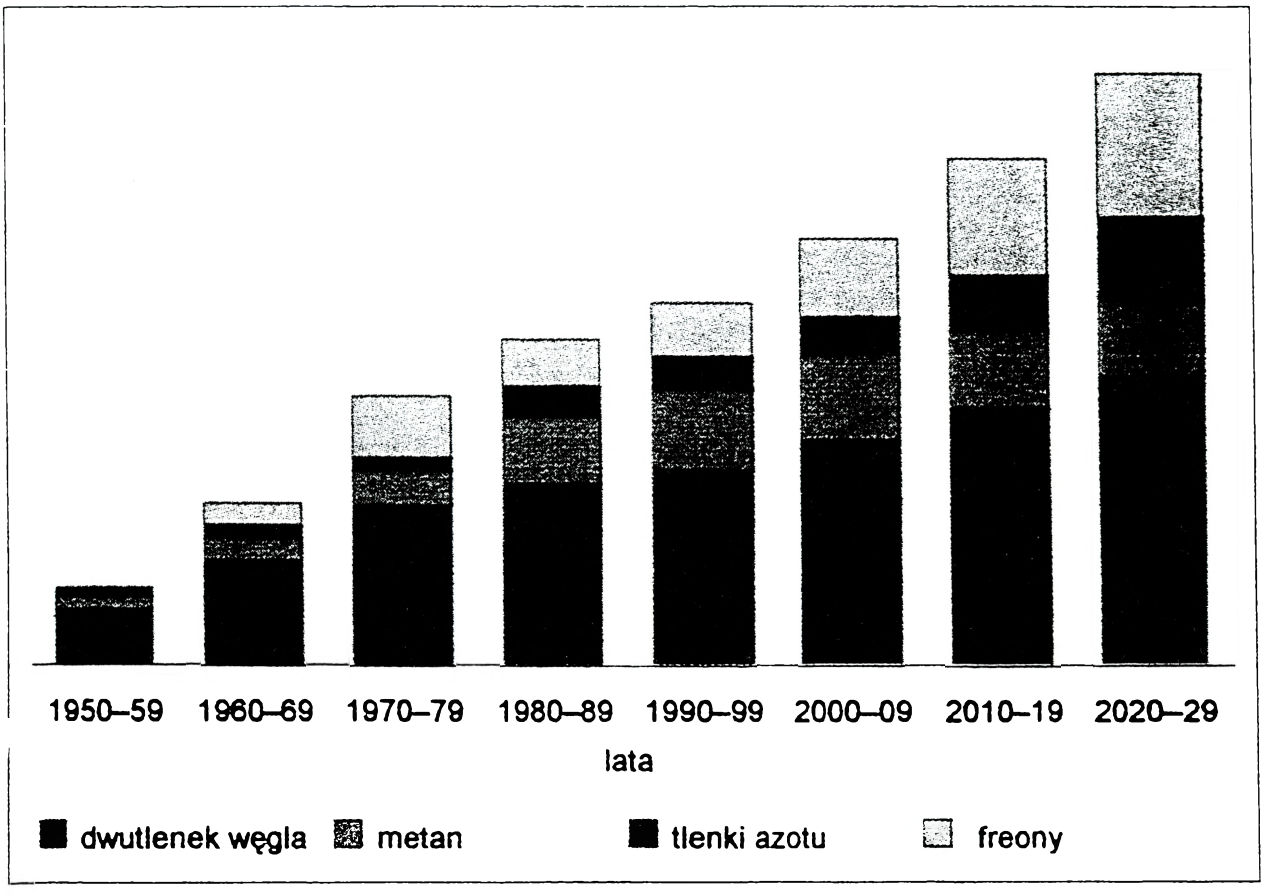
Dwutlenek węgla nie jest jedynym gazem odpowiedzialnym za „efekt szklarniowy". Do powstania tego zjawiska przyczyniają się też takie gazy jak: metan, chlorofluorowęglany, podtlenek azotu oraz ozon. Problem ilustruje rysunek 8. Wiele z wymienionych gazów charakteryzuje się bardzo długim okresem trwałości w atmosferze np. 10 lat dla metanu, 130 lat dla chlorofluorowęglanów. Gazy te mają także różną zdolność absorbowania ciepła, stąd też wynika niejednakowy wpływ poszczególnych gazów na ocieplanie się klimatu. Badania przeprowadzone w latach 80 -tych pozwoliły oszacować ten wpływ w sposób następujący: dwutlenek węgla - 55 %, metan - 15 %, podtlenek azotu - 6%, chlorofluorowęglany - 24 %[6]. Dwutlenek węgla jest wprawdzie gazem mniej

---

[5] Zawartość deuteru w deszczu i opadach śniegu wzrasta wraz ze wzrostem temperatury. Na obszarach gdzie lód permanentnie pokrywa skorupę ziemską roczny opad tworzy oddzielną warstwę lodu. Tak więc wiek skorupy można oszacować przez określenie ilości różnych warstw lodu.

[6] Zob. Definicje pojęć z zakresu ochrony środowiska, wyd. GUS Warszawa 1993 str. 72

wydajnym w zatrzymywaniu ciepła w przeliczeniu na 1 kg, jednak jego wkład w ocieplenie klimatu jest największy z uwagi na rozległość jego emisji. Pośrednio na efekt cieplarniany wpływają także inne gazy powstające podczas spalania: np tlenek węgla (CO), tlenki azotu(NO_x), węglowodory (C_xH_y). Wpływ wymienionych gazów na to zjawisko jest jednak jeszcze mało znany.



Rysunek 8 Wpływ poszczególnych gazów na „efekt szklarniowy"

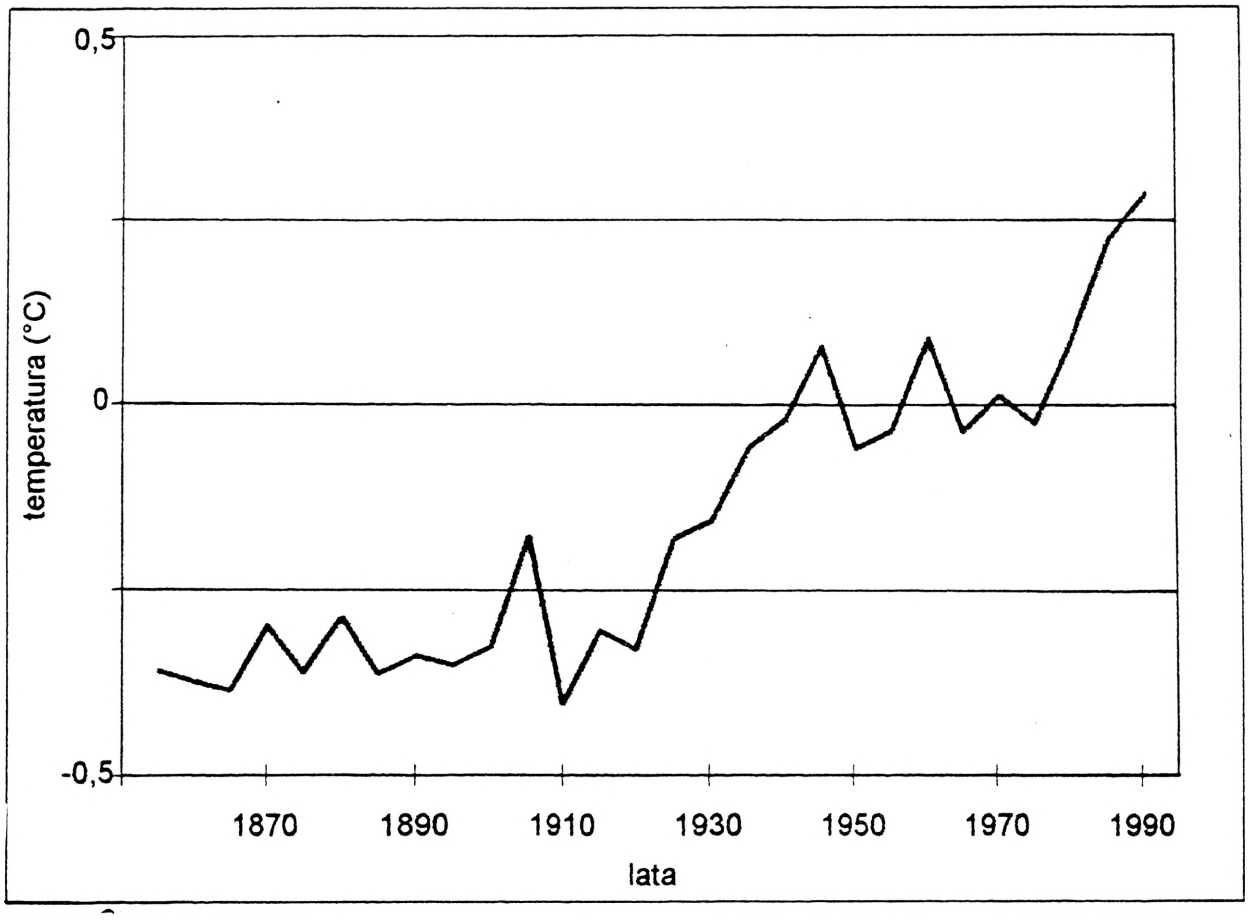
Źródłem gazów powodujących efekt cieplarniany są, jak już wspomniano procesy spalania węgla i ropy naftowej. Stąd pochodzi 2/3 źródeł powstawania efektu cieplarnianego wywołanego działalnością człowieka. Wycinanie lasów tropikalnych i pożary sawanny przyczyniają się również w poważny sposób do

---

S. Zakrzewski podaje cyfry nieco różniące się od podanych wyżej (CO_2 -49%, metan -18%, związki fluorochlorowęglowe -14%, podtlenek azotu -6%, inne -13%

powstawania tego zjawiska. Rolnictwo ma również udział w powstawaniu tego efektu, ponieważ w wyniku uprawy ryżu i hodowli bydła powstaje metan.

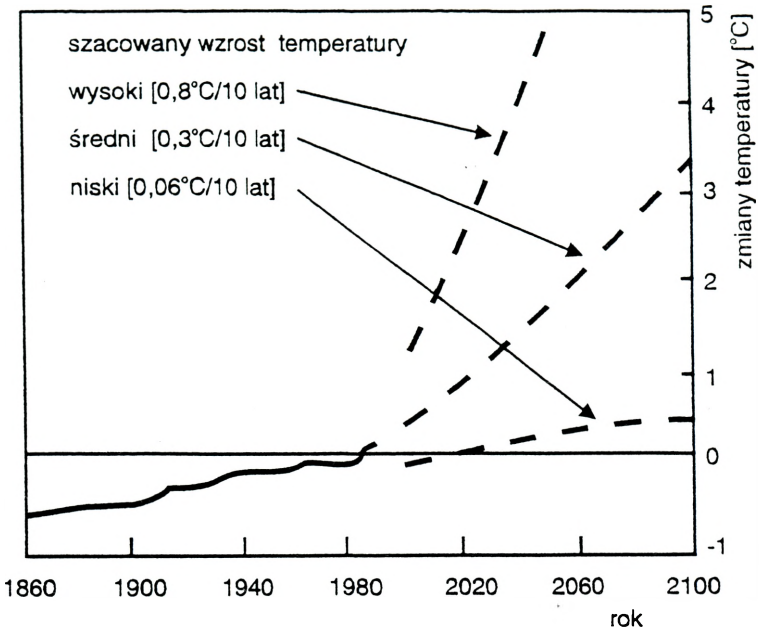
W każdym razie zmiany średniej globalnej temperatury w ciągu ostatnich 120 lat są faktem. Problem ilustruje wykres przedstawiony na rysunku 9.



Rysunek 9 Zmiany średniej globalnej temperatury w ciągu ostatnich 120 lat
Źródło: Kalinowska A., Ekologia - wybór przyszłości, Warszawa 1994, str. 120

Jeżeli proces zwiększania się koncentracji gazów cieplarnianych będzie kontynuowany to należy się spodziewać znacznych zmian klimatycznych.

Komputerowe symulacje wpływu gazów odpowiedzialnych za efekt cieplarniany, modelowane dla trzech różnych scenariuszy, przedstawiono na rysunku 10.



Rysunek 10 Symulacja komputerowa przewidywanych zmian temperaturowych Ziemi będących wynikiem emisji gazów wzmagających efekt cieplarniany. Linia podstawowa odnosi się do temperatury obecnej.

Średni scenariusz odzwierciedla aktualny trend emisji gazów wzmagających efekt cieplarniany i zakłada umiarkowane uzależnienie klimatu od nich. Zgodnie z tym scenariuszem średnia temperatura Ziemi wzrośnie o 3,3°C do 2100 roku.

Scenariusz najbardziej dynamiczny odzwierciedla wzmożoną emisję gazów cieplarnianych i znaczną czułość klimatu na obecność gazów wzmagających efekt cieplarniany w atmosferze.

Scenariusz najwolniejszy zakłada radykalne ograniczenie emisji gazów i niewielkie uzależnienie od nich klimatu. Modelowe badania przewidują także wzmożoną o około 2 - 3% szybkość parowania oraz wzrost ilości opadów na każdy stopień globalnego ocieplenia. Zmiana temperatury globalnej o 3,3% wpłynie na temperaturę lata i zimy oraz profile opadów dla różnych szerokości geograficznych. Przedstawiono je w tabeli 15.

Tabela 15

Przewidywane lokalne zmiany klimatyczne

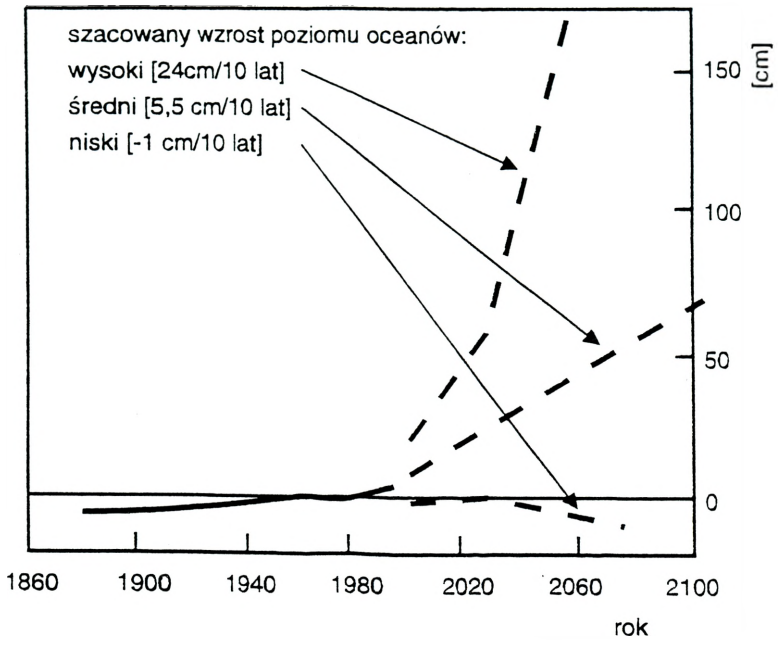
Szerokość geograficzna (stopnie)	Zmiany temperatury latem °C	Zmiany temperatury zimą °C	Zmiany ilości opadów
60 - 90	1,7 - 2,3	6,6 - 7,9	Wzrost ilości opadów latem
30 - 60	2,6 - 3,3	4,0 - 4,6	Spadek ilości opadów latem
0 - 30	2,3 - 3,0	2,3 - 3,0	Wzrost w miejscach o dużych opadach

Źródło: Zakrzewski S., Podstawy toksykologii środowiska, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 1995 str. 134

Regionalne ocieplenie i zmiany ilości opadów mogą spowodować przemieszczanie obszarów upraw rolnych. Obszary aktualnie rolnicze staną się dla uprawy rolnej nieprzydatne, a inne, dotychczas nie uprawiane, staną się obszarami rolniczymi. Podobnie, zmienione warunki będą wymagały szybkiej adaptacji gatunków drzew do nowego klimatu. Przewiduje się, że brak możliwości dostosowania się wielu roślin, w ciągu krótkiego okresu, do nowych warunków klimatycznych, spowoduje zniknięcie niektórych odmian roślin. Wzrost temperatury w średnich szerokościach geograficznych wymagać będzie przesunięcia pasa lasów na północ o 300 - 500 km. Bez ingerencji człowieka nie będzie to możliwe. Przemieszczanie się obszarów uprawnych i zanikanie niektórych gatunków drzew może okazać się ekonomicznie katastrofalne. Może to doprowadzić do upustynnienia niektórych obszarów, a w konsekwencji do braku odpowiedniej ilości żywności i wzrostu cen.

Kolejnym problemem budzącym niepokój jest fakt, że globalne ocieplenie Ziemi, a w tym oceanów w części tropikalnej, spowoduje częstsze powstawanie huraganów i tajfunów o wielkiej sile niszczącej.

Nie ulega wątpliwości, że w warunkach podwyższania temperatury zmieni się poziom wód oceanów. Na rysunku 11 przedstawiono trzy scenariusze zmian poziomu oceanów jako odpowiedzi na przewidywany wzrost temperat



Rysunek 11 Symulacja komputerowa przewidywanych zmian poziomu powierzchni oceanów zachodzących pod wpływem wzrostu temperatury na Ziemi

Wzrost poziomu oceanów, przewidywany przez średni i dynamiczny scenariusz, odzwierciedla przewidywane topnienie polarnych czap lodowych i termiczne rozprzestrzenianie się wody. Podniesienie się poziomu wody w oceanach będzie przyczyną powodzi i zalewania niżej położonych obszarów przybrzeżnych. W wyniku tego należy oczekiwać znacznych strat ekonomicznych, zmniejszenia gruntów ornych, co w dalszej konsekwencji może prowadzić do pogorszenia sytuacji żywnościowej. Obniżenie poziomu oceanów przewidywane przez najmniej dynamiczny scenariusz opiera się na prognozowanych zwiększonych opadach śniegu, co spowoduje wzrost masy lodu antarktycznego. Wzrost ten będzie powodował ubytek wody z oceanów z powodu chłodzenia większej masy lodu.

Jest oczywiste, że wszystkie te prognozy zawierają wiele elementów nieznanych. Dużo zależy od sposobu spalania paliw kopalnych, wylesienia i

zalesienia oraz innych efektów działalności ludzi. Należy też zauważyć, że reakcje przyrody nie mogą być przewidywalne z absolutną pewnością. Jednym z nieznanych czynników jest wpływ chmur. Wzrost temperatury niewątpliwie spowoduje wzmożone odparowanie wody z oceanów i zbiorników śródlądowych. To może wpłynąć lub nie na wzrost pokrywy chmur. Te ostatnie mogą powodować ochładzanie Ziemi przez odbijanie energii słonecznej, bądź też mogą powodować ocieplenie przez zatrzymywanie promieniowania podczerwonego Ziemi. Nie wiadomo też jaki będzie wpływ prądów oceanicznych. Wiadomo jedynie, że mogą one znacznie zmodyfikować klimat. Kolejnym nieznanym czynnikiem jest wegetacja roślin uprawnych. Jeden ze scenariuszy przewiduje, że wyższy poziom dwutlenku węgla w atmosferze będzie stymulował wzrost plonów i szybszy wzrost drzew. Taki wzrost powinien spowodować podwyższony pobór dwutlenku węgla z atmosfery przeciwdziałając efektowi cieplarnianemu. Inny scenariusz przewiduje, że wyższa temperatura będzie stymulować procesy oddychania i wzmożoną aktywność bakterii w glebie, tym samym zwiększając wydzielanie dwutlenku węgla do atmosfery, co spotęguje efekt cieplarniany.

Zanik warstwy ozonowej w atmosferze

Trójatomowa molekuła tlenu (O_3) występuje w atmosferze w niewielkich ilościach. W jednym milionie molekuł powietrza znajdują się 3 - 4 molekuły ozonu. Ozon sam w sobie jest toksyczny. Jeżeli znajduje się przy powierzchni Ziemi jest trucizną, współuczestniczącą w tworzeniu smogu fotochemicznego i kwaśnego deszczu. Na szczęście w niższej warstwie Ziemi - troposferze - znajduje się nie więcej niż 10% ozonu, pozostałe 90% gromadzi się w stratosferze. Całkowita zawartość ozonu w atmosferze wyrażona grubością warstwy zredukowanej do warunków normalnych (ciśnienie 1013 hPa, temperatura $0^{o}C$) waha się w zależności od szerokości geograficznej i pory roku w granicach 2 - 5 mm. Około 90% ozonu znajduje się na wysokości 10 - 50 km w stratosferze z

maksimum w niższej szerokości geograficznej na wysokości około 20 km. Znajdująca się w stratosferze warstwa ozonowa filtruje część nadfioletowego promieniowania słonecznego i w ten sposób redukuje ilość promieniowania docierającego do powierzchni Ziemi. Już w 1881 roku stwierdzono, że zawartą w tym promieniowaniu energię przetwarza na ciepło, dzięki czemu spełnia też funkcję atmosferycznego termoregulatora.

Systematyczne pomiary ilości ozonu w atmosferze rozpoczęto w 1925 roku w Oksfordzie. Już w rok później działała sieć obserwatorów o zasięgu europejskim, a w cztery lata później - światowym. W 1969 roku dołączyły do niej obserwatoria satelitarne. W Polsce systematyczne pomiary ilości ozonu prowadzi od lat 60 - tych Centralne Obserwatorium Geofizyczne PAN w Belsku koło Grójca oraz niektóre wydzielone placówki IMGW.

W 1982 roku dr Joe Farmen wraz z zespołem odkrył, w czasie badań w brytyjskiej stacji naukowej na Antarktydzie, że znaczna część pokrywy ozonowej nad biegunem zniknęła. Odkrycie było tak szokujące, że podejrzewano raczej błąd urządzeń pomiarowych, tym bardziej, że pomiary ozonu prowadzone równolegle przez satelitarną stację meteorologiczną NASA niczego takiego nie wykazywały. Jednak badania prowadzone w następnych latach potwierdziły wynik Farmena. Jeszcze raz sprawdzono pomiary satelitarne i okazał się, że nie wykazały zaniku ozonu, ponieważ uzyskany wynik komputery odrzuciły, bo nie był przewidziany w programie. Przez następne lata „dziura ozonowa" nad biegunem powiększała się. W 1987 roku była o 50% większa niż przed jej odkryciem, a w 1989 roku zniknęło prawie 95% ozonu. Zanik warstwy ozonowej, który został zaobserwowany najpierw nad Antarktydą w czasie wiosny, rozszerza się stopniowo na inne szerokości geograficzne.

Zanik ozonu w stratosferze jest rezultatem naruszenia równowagi między procesami tworzenia i rozpadu ozonu. Ozon tworzy się z tlenu przy udziale promieniowania nadfioletowego zgodnie z równaniem:

$$h\nu + O_2 \rightarrow O^{\bullet} + O^{\bullet}$$

$$[O^{\bullet}] + O_2 + \text{katalizator} \rightarrow O_3$$

Dzięki konkurencyjnym reakcjom, które prowadzą do rozpadu ozonu z powrotem do tlenu, stężenie ozonu w nie zanieczyszczonej stratosferze pozostaje stałe (pomijając wahania związane z porami roku). Przebieg omawianych reakcji ilustrują równania:

$$h\nu + O_3 \rightarrow [O^{\bullet}] + O_2$$

$$O + O_3 \rightarrow 2O_2$$

Za naruszenie stężenia ozonu i zanik warstwy ozonowej odpowiedzialne są związki chlorofluorowęglowe, nazywane w Polsce freonami[7]. Jako pierwsi taką teorię przedstawili w 1974 roku M. J. Molina i F. S. Rowland[8]. Problem ilustruje rysunek 12, na którym pokazano związek między koncentracją freonów w atmosferze a zanikiem ozonu.

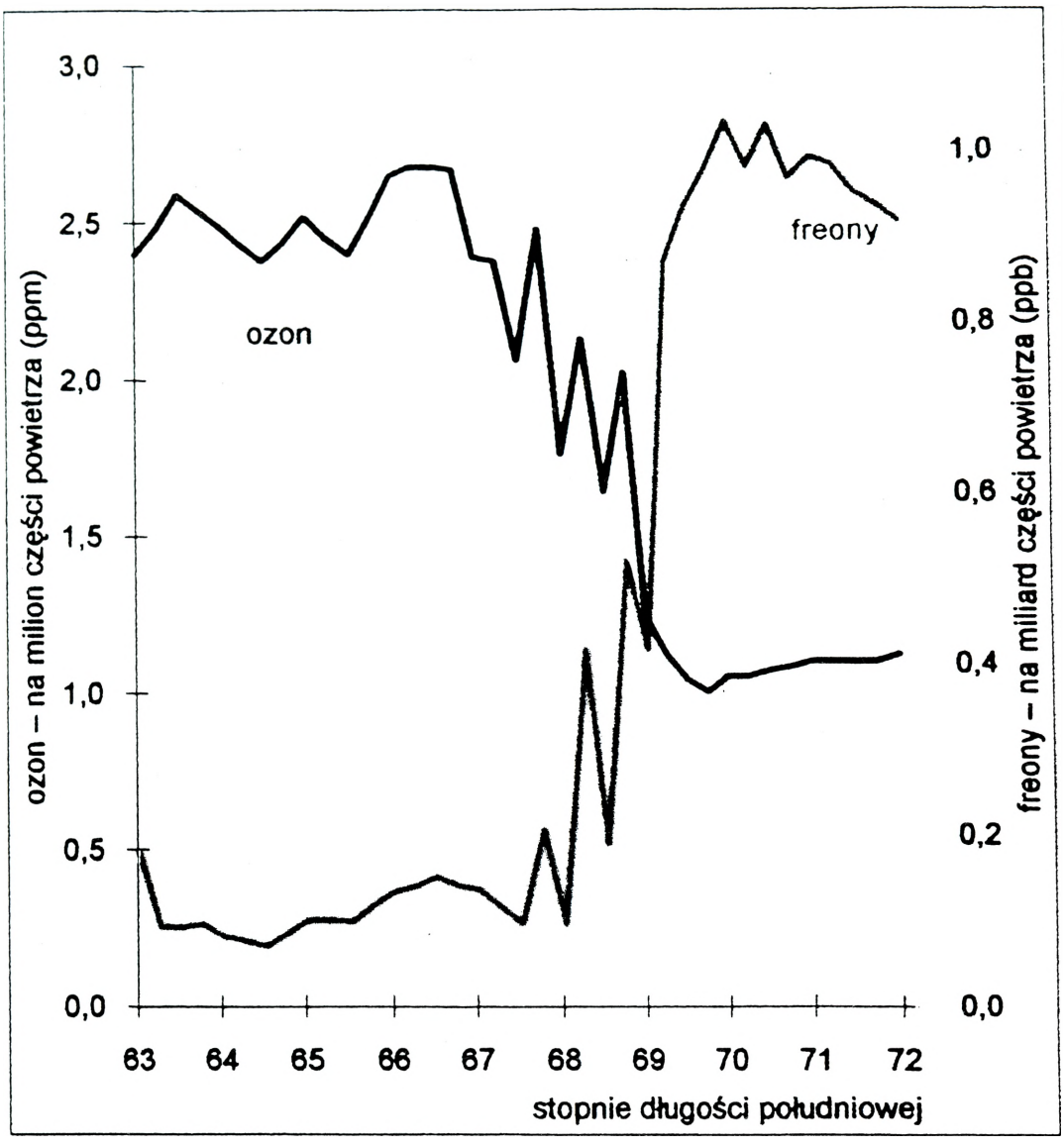
Grupa związków chlorofluorowęglowych została wprowadzona do użytku w latach trzydziestych naszego stulecia i znalazła szerokie zastosowanie jako środek rozpylający w aerozolach, w urządzeniach chłodniczych i klimatyzacyjnych, przy przemysłowym wytwarzaniu pianek oraz w gaśnicach przeciwpożarowych. Cechą charakterystyczną tych związków jest to, że są one bardzo trwałe chemicznie, nietoksyczne i niepalne. Ich długość życia przedstawiono na rysunku 13.

Z danych zamieszczonych na rysunku 13 wynika, że dwa związki stanowią główne zagrożenie: $CFCl_3$ (freon 11) oraz CF_2Cl_2 (freon 12). Charakteryzują się czasem życia w atmosferze odpowiednio 75 i 111 lat. Gdy związki te przedostaną się do atmosfery stopniowo przemieszczają się do coraz wyższych jej

---

[7] Jest to handlowa nazwa produktów firmy DuPont

[8] M. J. Molina, F. S. Rowland, Nature nr 249, Londyn 1974



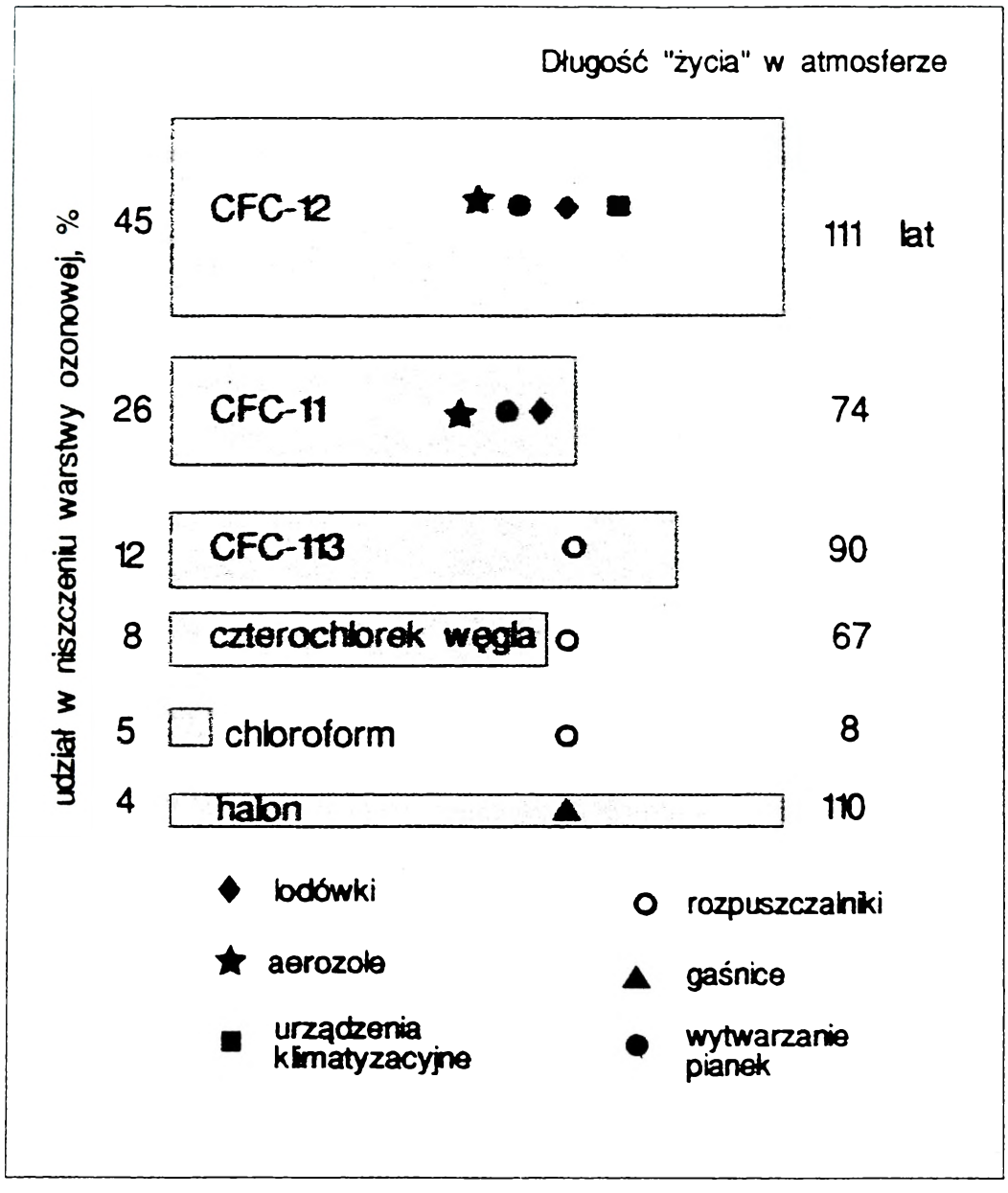
Rysunek 12 Związek pomiędzy koncentracją freonów w atmosferze a zanikiem ozonu (wg Lean, Hinrichsen, Markham 1991)

warstw, by w końcu trafić do stratosfery gdzie znajduje się ozon. Tutaj pod wpływem wysokoenergetycznego promieniowania nadfioletowego wydzielają rodniki chloru, które reagują z ozonem zgodnie z równaniem:

$$Cl^{\bullet} + O_3 \rightarrow ClO^{\bullet} + O_2$$

Rodnik [$ClO^{\bullet}$] może następnie reagować z tlenem atomowym regenerując rodnik chloru jak pokazano w równaniu:

$$ClO^{\bullet} + [O] \rightarrow Cl^{\bullet} + O_2$$



Rysunek 13 Najpowszechniej używane związki wpływające na drukcję warstwy ozonowej.

Rodniki [$ClO^{\bullet}$] i [$Cl^{\bullet}$] mogą również reagować z dwutlenkiem atu lub metanem według reakcji:

$$ClO^{\bullet} + NO_2 + \text{katalizator} \rightarrow ClNO_3 + \text{katalizator}$$

$$Cl + CH_4 \rightarrow HCl + CH_3^{\bullet}$$

Opisane wyżej procesy zachodzą w stratosferze we wszystkich szerokościach geograficznych. To, że procesy przebiegają ze szczególnie dużą intensywnością na Antarktydzie i w Arktyce wynika z faktu występowania tam, w czasie zimy, tzw. wiru polarnego, który krąży nad biegunami. Izoluje on dostęp do biegunów cieplejszego powietrza z obszarów o temperaturze bardziej umiarkowanej. Dla niszczenia warstwy ozonowej istotne znaczenie mają polarne chmury stratosferyczne, które tworzą się w niskich temperaturach. Istnieją dwa rodzaje chmur polarnych. Pierwsze składają się z kryształków trójwodnego kwasu azotowego, drugie z kryształków lodu. Wolny dwutlenek azotu zostaje usunięty z atmosfery przez chmury pierwszego typu. Ponieważ istnieje zależność odwrotnej proporcjonalności pomiędzy stężeniem dwutlenku azotu i stężeniem wolnych rodników chloru wzrasta stężenie rodników $ClO^{\bullet}$. W tym samym czasie chmury składające się z kryształków lodu stwarzają możliwość katalitycznego przekształcenia nieaktywnych cząsteczek zawierających chlor ($ClNO_3$, HCl) w związki aktywne ($ClO^{\bullet}$, $Cl^{\bullet}$). Gdy nad biegunami kończy się noc polarna aktywne cząstki zawierające chlor zostają pod wpływem światła przekształcone w rodniki chloru, które następnie reagują z ozonem zgodnie z równaniem:

$$Cl_2 + hv \rightarrow 2Cl^{\bullet}$$

$$2Cl^{\bullet} + 2O_3 \rightarrow 2ClO^{\bullet} + 2O_2$$

Następnie rodnik $ClO^{\bullet}$ rozpoczyna kolejny cykl reakcji następujących po sobie łańcuchowo:

$$2ClO^{\bullet} + \text{katalizator} \rightarrow Cl_2O_2$$

$$Cl_2O_2 + hv \rightarrow Cl^{\bullet} + ClOO^{\bullet}$$

$$ClOO^{\bullet} + \text{katalizator} \rightarrow Cl^{\bullet} + O_2$$

W powyższych reakcjach powstaje wolny rodnik chloru, wchodzący następnie w reakcję z cząstką ozonu i powodujący rozpad tej ostatniej. Gdy dzień

polarny staje się coraz dłuższy wir polarny zanika i nowe fale cieplejszego powietrza dostają się w obręb obszaru polarnego. Cieplejsze masy powietrza przynoszą ze sobą dwutlenek azotu, który reaguje z aktywnymi cząstkami zawierającymi chlor tworząc azotan chloru ($ClNO_3$). Proces powtarza się wraz z nastaniem nocy polarnej.

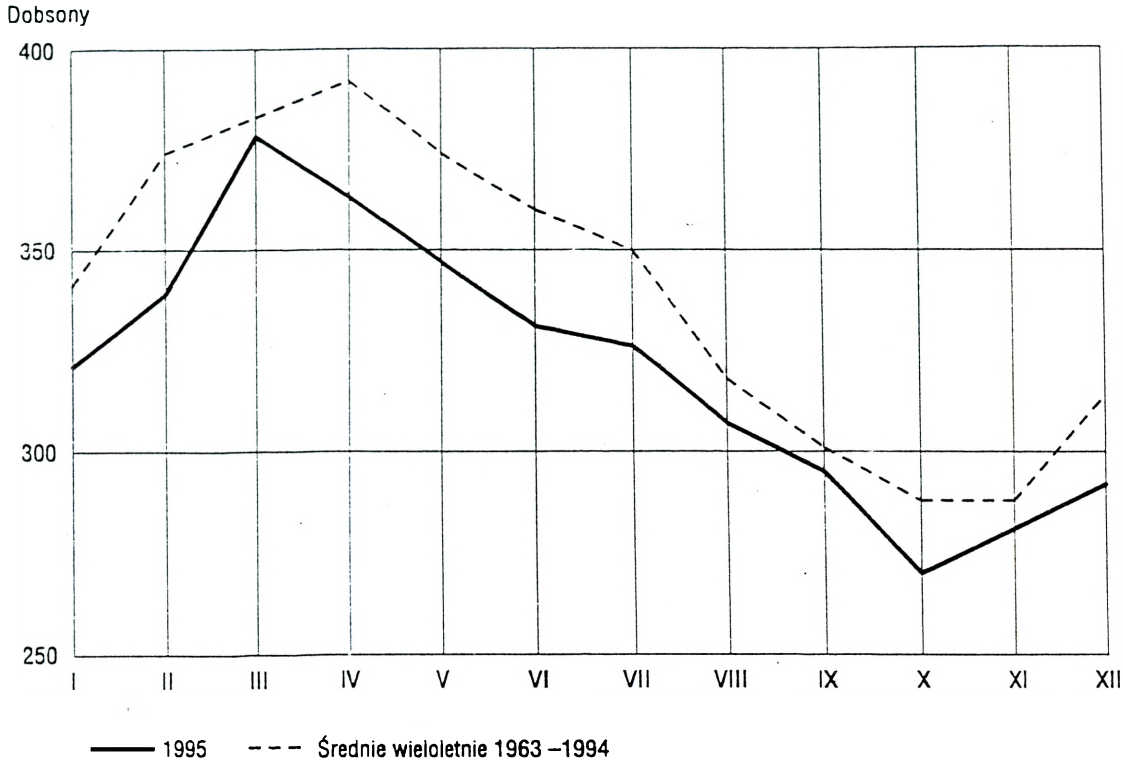
Zjawisko zaniku warstwy ozonowej dotyczy również naszego kraju. W 1995 roku zanik warstwy ozonowej był tak duży, że podjęto akcję ostrzegania ludności o występujących zagrożeniach. Problem ilustrują rysunki 14 i 15, na których pokazano odpowiednio średnie miesięczne całkowitej zawartości ozonu w atmosferze oraz odchylenia średnich miesięcznych całkowitych zawartości ozonu w 1995 roku od średniej z lat 1963 - 1994. Polska jest krajem wytwarzającym substancje odpowiedzialne za zaburzenia warstwy ozonowej. Wykorzystanie w naszym kraju substancji zubożających warstwę ozonową pokazano na rysunku 16, zaś strukturę wykorzystania tych substancji na rysunku 17.

Skutki zaniku warstwy ozonowej w atmosferze obejmować będą całą przyrodę. Przedostające się do powierzchni Ziemi promieniowanie nadfioletowe może powodować u ludzi zwiększoną zachorowalność na raka skóry. Amerykańska Agencja Ochrony Środowiska szacuje, że 10% zanik warstwy ozonowej, jakiego można oczekiwać w połowie następnego stulecia (lub nawet wcześniej w zależności od rodzaju podejmowanych działań), będzie prowadził do dodatkowych około 2 milionów zachorowań na raka skóry w ciągu roku[9].

Dodatkowo należy przyjąć, że wzmożone promieniowanie nadfioletowe spowoduje straty rzędu około 2 miliardów dolarów rocznie w postaci zniszczonych materiałów, takich jak tworzywa sztuczne i farby, a także ogromne szkody w zbiorach płodów rolnych, faunie i florze morskiej.

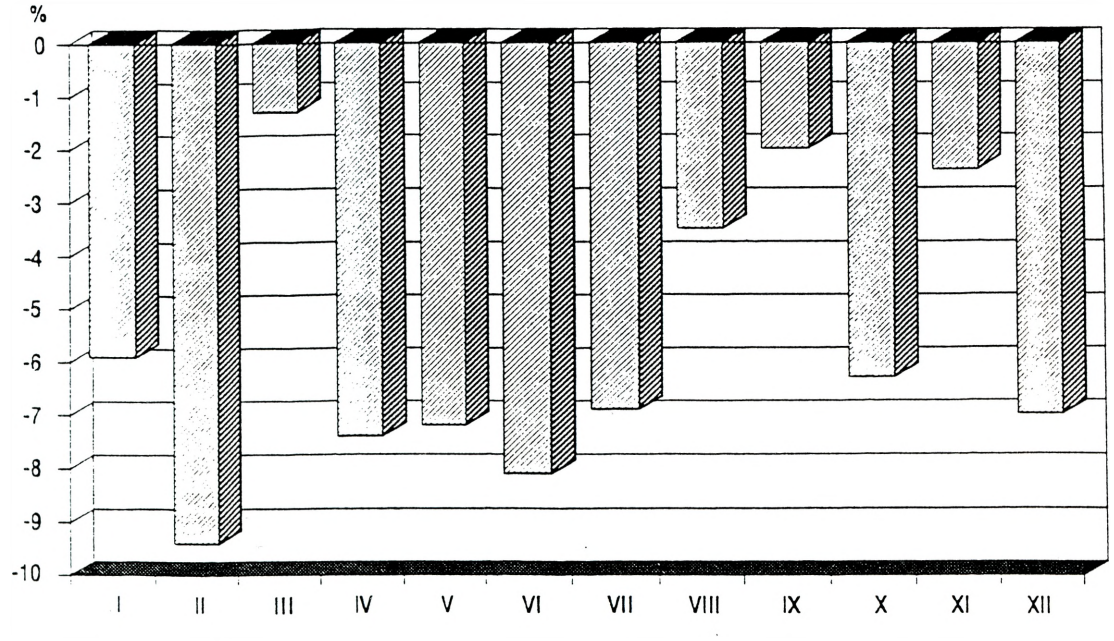
---

[9] Zob. Zakrzewski S., Podstawy toksykologii środowiska. PWN, Warszawa 1995, str. 127



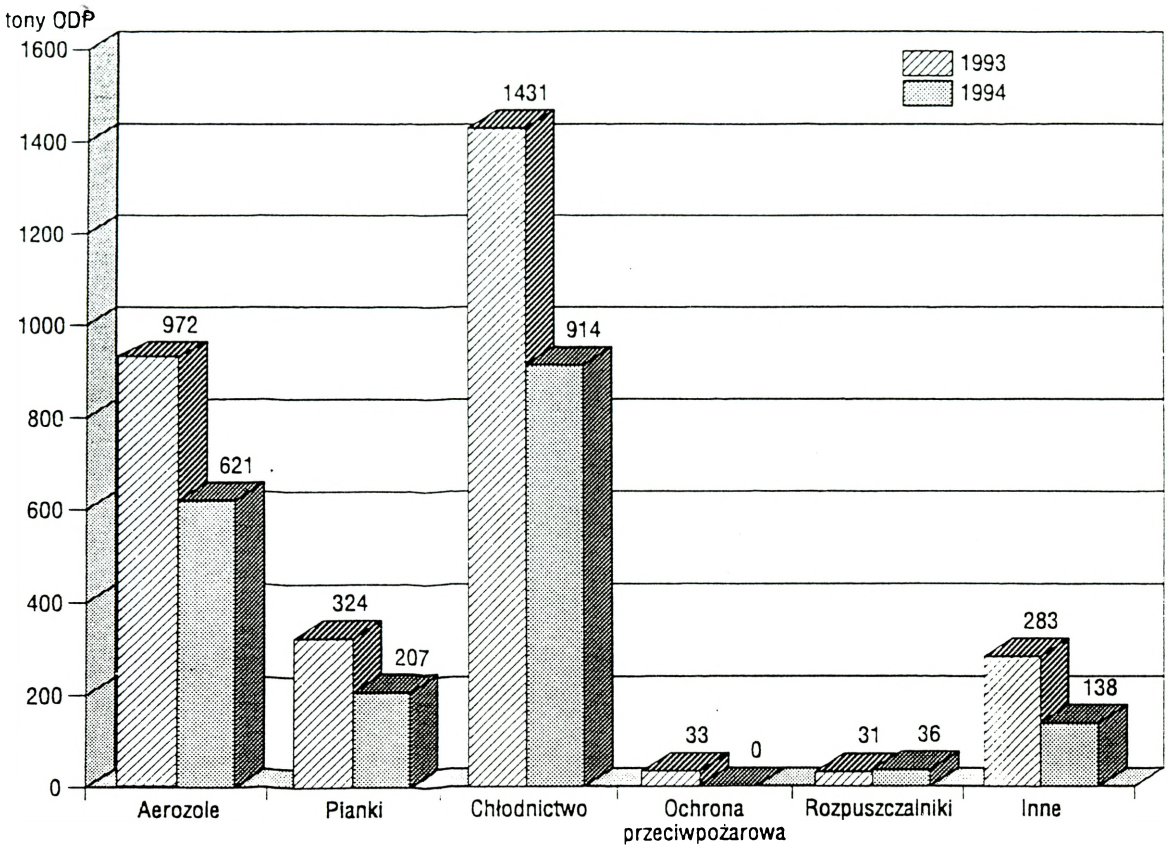
Rysunek 14 Średnie miesięczne całkowitej zawartości ozonu w atmosferze

Źródło: dane Instytutu Geofizyki PAN uzyskane w ramach Państwowego Monitoringu Środowiska

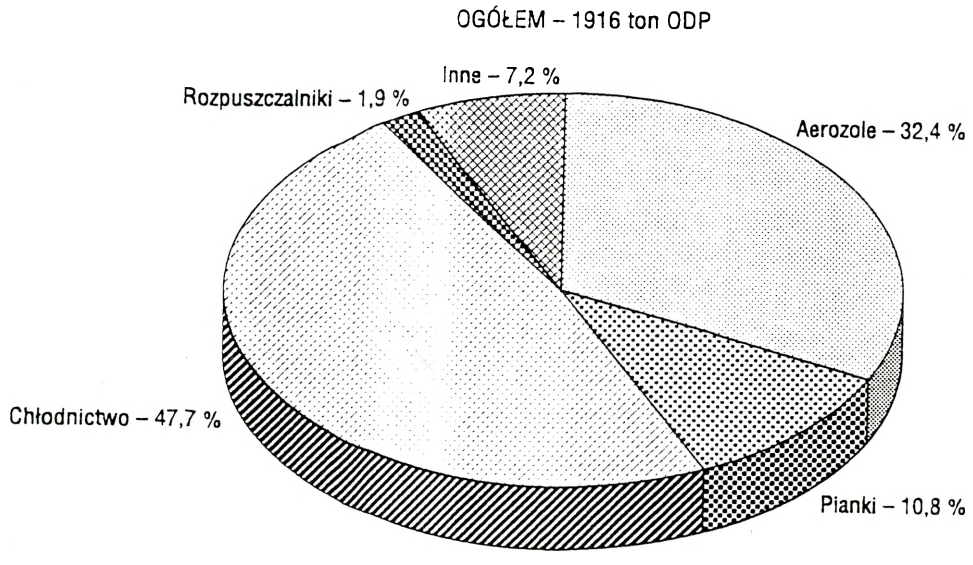


Rysunek 15 Odchylenia średnich miesięcznych całkowitej zawartości ozonu w 1995 r. od średniej z lat 1963-1994

Źródło: dane Instytutu Geofizyki PAN uzyskane w ramach Państwowego Monitoringu Środowiska



Rysunek 16 Wykorzystanie w Polsce substancji zubażających warstwę ozonową w latach 1993 i 1994



a Nie uwzględniono czterochlorku węgla zmagazynowanego w 1994 r.

Rysunek 17 Struktura wykorzystania w Polsce substancji zubożających warstwę ozonową w 1994 r.
Źródło: dane Biura Ochrony Warstwy Ozonowej

1.4. Monitoring zanieczyszczeń powietrza

Wszelkiego rodzaju działania ukierunkowane na przeciwdziałanie skażeniom chemicznym atmosfery muszą być poprzedzone rozpoznaniem sytuacji skażeń. Rozpoznania dokonuje się w ramach monitoringu powietrza atmosferycznego. Pod tym pojęciem rozumie się system pomiarów, analiz i ocen stopnia zanieczyszczenia powietrza atmosferycznego oraz czynników wpływających na jego jakość. Podsystem monitoringu powietrza atmosferycznego jest częścią systemu monitoringu środowiska[10]. Celem monitoringu powietrza atmosferycznego jest dostarczenie informacji stanowiących podstawę do:

- podejmowania działań zmierzających do ograniczenia emisji zanieczyszczeń do atmosfery;
- oceny skuteczności tych działań;
- oceny stopnia zagrożenia zdrowia ludzi:
- oceny ekosystemów przyrodniczych i obiektów technicznych zagrożonych zanieczyszczeniami występującymi w powietrzu.

Zadanie monitoringu polega na dostarczaniu informacji o wielkości stężeń lub zawartości poszczególnych zanieczyszczeń w powietrzu na danym obszarze oraz o ładunkach zanieczyszczeń odprowadzanych do powietrza atmosferycznego. Integralną częścią monitoringu powietrza jest monitoring opadu atmosferycznego realizowany w wybranych stacjach i stanowiskach pomiarowych imisji. W ramach podsystemu monitoringu powietrza atmosferycznego funkcjonuje sieć krajowa oraz sieci regionalne i lokalne.

---

[10] Państwowy monitoring środowiska zgodnie z ustawą o Państwowej Inspekcji Ochrony Środowiska (Dz. U. Nr 77 poz. 335) jest systemem pomiarów, ocen i prognoz stanu środowiska realizowanym przez jednostki organizacyjne organów administracji państwowej i rządowej , organów gmin, jak również przez szkoły wyższe i podmioty gospodarcze

Sieć krajową tworzą stacje podstawowe, stacje nadzoru ogólnego Państwowej Inspekcji Sanitarnej, stacje monitoringu mokrej depozycji i stacje nadzorujące stan warstwy ozonowej nad Polską.

Stacje podstawowe dokonują pomiarów stężeń podstawowych zanieczyszczeń powietrza. Zlokalizowane na terytoriach miejskich i pozamiejskich tworzą sieć funkcjonującą w oparciu o jednolite zasady , pod nadzorem merytorycznym Instytutu Ochrony Środowiska.

Zadaniem stacji podstawowych jest dokumentacja stanu zanieczyszczenia powietrza atmosferycznego na obszarze Polski oraz określenie tendencji zmian tego stanu w celu:

- oceny skuteczności działań w zakresie ochrony atmosfery w skali kraju wynikających z polityki ekonomicznej państwa;
- weryfikacji planów zagospodarowania przestrzennego kraju;
- analizy wpływu zanieczyszczeń powietrza na inne elementy środowiska;
- weryfikacji matematycznych modeli rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń w atmosferze.

Sieć stacji podstawowych obejmuje:

- stacje systemów międzynarodowych podporządkowane jednostkom naukowo - badawczym;
- wybrane stacje monitoringu powietrza w obszarach przygranicznych (obsługiwane przez WIOŚ);
- wybrane stacje systemów alarmowych w aglomeracjach miejsko - przemysłowych;
- wybrane stacje sieci nadzoru ogólnego (obsługiwane przez WSSE, WIOŚ);
- wybrane stacje wchodzące w skład sieci regionalnych i lokalnych.

Obecnie 81 stacji podstawowych dokumentuje stopień zanieczyszczenia powietrza atmosferycznego dwutlenkiem siarki, tlenkami azotu oraz pyłem

zawieszonym[11]. Określają też tendencje zmian zawartości w powietrzu atmosferycznym tlenku węgla i ozonu. Przewiduje się, że program pomiarowy w sieci podstawowej będzie poszerzony o zanieczyszczenia, które stanowią największy problem w skali kraju (np. metale ciężkie) oraz w skali globalnej (np. dwutlenek węgla). Przewiduje się też, że docelowa liczba stacji w sieci podstawowej nie powinna być większa od 100. Stacje, w których występuje istotna dobowa zmienność stężeń zanieczyszczeń będą wyposażone w mierniki automatyczne. Sieć podstawowa funkcjonuje pod nadzorem merytorycznym Instytutu Ochrony Środowiska, który opracowuje miesięczne i roczne komunikaty o zanieczyszczeniu powietrza w Polsce.

Stacje nadzoru ogólnego zlokalizowane są na obszarach gęsto zaludnionych. Dokonują pomiaru stężenia zanieczyszczeń podstawowych (dwutlenek siarki, tlenki azotu, pył zawieszony i opad pyłu wraz z chemizmem pyłu), charakterystycznych dla danego regionu, szkodliwie oddziaływujących na zdrowie ludzi i stanowiących szczególne zagrożenie na danym obszarze.

W skład sieci nadzoru ogólnego wchodzi 391 stacji[12] zlokalizowanych w miastach liczących powyżej 20 tyś. mieszkańców oraz 60 stacji zlokalizowanych w uzdrowiskach. Pomiary dokonują jednostki organizacyjne Państwowej Inspekcji Sanitarnej (wojewódzkie, rejonowe i terenowe stacje sanitarno - epidemiologiczne). Nadzór merytoryczny nad siecią nadzoru ogólnego sprawuje Instytut Medycyny Pracy w Łodzi.

Stacje monitoringu mokrej depozycji systematycznie badają skład chemiczny opadów atmosferycznych. Pozyskują również informacje do:

---

[11] Program pomiarowy obejmuje codzienne pomiary 24 - godzinnych stężeń dwutlenku siarki, dwutlenku azotu i pyłu zawieszonego. Ponadto na 8 stacjach mierzone jest stężenie ozonu a na 9 stacjach stężenie tlenku węgla. Dwie stacje badają zanieczyszczenia pochodzące ze źródeł komunikacyjnych

[12] Wg stanu z 1994 roku

- wyznaczenia wielkości ładunków substancji zanieczyszczających wprowadzonych z atmosfery do podłoża (w zależności od cyrkulacji mas powietrza);
- wyznaczenia i weryfikacji wartości i przekroczeń ładunków krytycznych kwasowości, siarki i azotu dla obszarów Polski, które mają stanowić naukową podstawę do opracowania optymalnych strategii obniżenia emisji zanieczyszczeń do powietrza;
- badania wpływu opadów kwaśnych na rośliny, wodę, gleby i obiekty budowlane.

W skład sieci monitoringu mokrej depozycji wchodzi 25 stacji pomiarowych zlokalizowanych na stacjach meteorologicznych IMGW.

Stacje nadzorujące stan warstwy ozonowej nad Polską oraz zmienność promieniowania nadfioletowego są rozmieszczone w Ośrodku Aerologii IMGW w Legionowie, na Stacji Geofizyki PAN w Belsku i oddziale krakowskim IMGW. Stacje meteorologiczne w Łebie, Legionowie, Belsku i na Kasprowym Wierchu określają natężenie promieniowania nadfioletowego. Wyniki pomiarów są przekazywane do Światowego Centrum Globalnego Systemu Obserwacji Ozonu w Ontario (Kanada) oraz udostępniane społeczeństwu i ośrodkom decyzyjnym w postaci okresowych komunikatów oraz raportu rocznego.

Sieci regionalne spełniają ściśle określone zadania związane z:

- dostarczaniem informacji o wielkości stężeń poszczególnych zanieczyszczeń powietrza w regionie;
- ograniczaniem uciążliwości podmiotów gospodarczych powodujących zanieczyszczenie powietrza w skali regionalnej;
- przygotowaniem danych do analizy planów zagospodarowania przestrzennego kraju oraz decyzji lokalizacyjnych dla nowych inwestycji;
- weryfikowaniem matematycznych modeli rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń w skali regionalnej.

Szczegółowe programy monitoringów regionalnych są uzgodnione z Wojewódzkim Inspektoratem Ochrony Środowiska. Sieci regionalne funkcjonują w większości województw. Pomiary są prowadzone na podstawie metod manualnych i automatycznie. Gęstość sieci i programy pomiarowe są związane ze skalą zagrożeń czystości powietrza w regionie.

Szczególnym rodzajem sieci regionalnych są sieci alarmowe, których głównym zadaniem jest dostarczanie informacji o istniejących lub przewidywanych poziomach stężeń substancji niebezpiecznych dla zdrowia. Dane te są niezbędne przy podejmowaniu decyzji umożliwiających prowadzenie działań na rzecz zmniejszenia zagrożenia mieszkańców. Sieci alarmowe są przewidziane dla gęsto zaludnionych obszarów o wysokim stopniu zanieczyszczenia powietrza. Pomiary w sieciach alarmowych powinny być zautomatyzowane, a wyniki przekazywane na bieżąco do centralnej stacji sprzężonej z systemem decyzyjnym zarządzania emisją. Sieci regionalne muszą spełniać wymagania określone przez Główny Inspektorat Ochrony Środowiska. Sieci alarmowe funkcjonują w Krakowie (7 stacji), w aglomeracji śląskiej (10 stacji), w rejonie Kędzierzyna - Koźla (6 stacji). Informacje o poziomach zanieczyszczeń przekazywane są na bieżąco społeczeństwu (radio, TV, dzienniki, tygodniki, tablice świetlne, okresowe raporty). Dla Krakowa i Katowic ustalono tryb i zasady ogłaszania stanu ostrzeżenia i alarmu w sytuacjach występowania ekstremalnych poziomów zanieczyszczeń. Trwają prace przygotowawcze m.in. legislacyjne, stwarzające podstawę do egzekwowania redukcji emisji.

Wyniki pomiarów emisji uzyskiwane w ramach systemów regionalnych gromadzone są w wojewódzkich bazach danych WIOŚ. Na ich podstawie WIOŚ opracowuje coroczne raporty o stanie środowiska w regionie, które następnie są udostępniane społeczeństwu i władzom administracyjnym.

Sieci lokalne monitoringu powietrza atmosferycznego są tworzone i finansowane przez podmioty gospodarcze na podstawie decyzji administracyjnych. Zadaniem tych sieci jest:

- informowanie ludności o stanie zanieczyszczenia atmosfery w strefie oddziaływania określonego obiektu;
- ocena i analiza norm zanieczyszczeń powietrza w skali lokalnej;
- weryfikacja skuteczności zakładowych programów ochrony powietrza atmosferycznego przed zanieczyszczeniem.

Sieci lokalne muszą spełniać wymagania określone przez Główny Inspektorat Ochrony Środowiska.

Uzupełnieniem pomiarów wykonywanych w oparciu o scharakteryzowane sieci pomiarowe są specjalistyczne akcje, organizowane w różnej skali, w celu rozpoznania specyficznych problemów związanych z zanieczyszczeniem powietrza atmosferycznego.

1.5. Przeciwdziałanie skażeniom atmosfery

Skażeniom atmosfery można przeciwdziałać poprzez realizację różnego rodzaju przedsięwzięć, takich jak:

- wykorzystanie urządzeń technicznych i technologii zapobiegających i zmniejszających emisję gazów i pyłów do atmosfery;
- zastosowanie energii alternatywnej;
- realizację ustaleń zawartych w przyjętych konwencjach międzynarodowych.

Wykorzystanie urządzeń technicznych i technologii zapobiegających i zmniejszających emisję gazów i pyłów do atmosfery

Zmniejszenie emisji gazów i pyłów do atmosfery można osiągnąć m.in. przez zastosowanie urządzeń technicznych i technologii zapobiegających przedostawaniu się ich do atmosfery. Do ważniejszych należą:

- technologie neutralizacji zanieczyszczeń gazowych;
- urządzenia odpylające;
- technologie odsiarczania paliw;

- nowe generacje kotłów;
- samochodowe reduktory zanieczyszczeń gazowych.

Neutralizacja zanieczyszczeń gazowych może się odbywać przy wykorzystaniu takich metod jak: absorpcja, adsorpcja, katalityczne utlenianie i redukcja, spalanie, kondensacja i kompresja.

Metody absorpcyjne polegają na zetknięciu się oczyszczanego gazu z cieczą absorbującą (absorbentem). Zachodzą wówczas procesy dyfuzyjne polegające na przenikaniu cząstek gazu wgłąb cieczy. Proces zależy od właściwości chemicznych i fizycznych absorbentu i pochłanianych zanieczyszczeń. Proces pochłaniania przebiega w absorberach, będących z reguły cieczami z odpowiednim wypełnieniem

Metody adsorpcyjne polegają na zbieraniu zanieczyszczeń gazowych na powierzchni ciała stałego (adsorbentu) pod wpływem działania sił powierzchniowych (o charakterze zbliżonym do sił wiązania chemicznego). Podczas przepływu strumienia zanieczyszczonego gazu przez złoże adsorbera zanieczyszczenia gazowe są selektywnie zatrzymywane i gromadzone na powierzchni ciała stałego. Podstawowymi składnikami większości adsorbentów są: występująca w różnych postaciach krzemionka, tlenek glinu lub węgiel. Stosowane są również platyna, pallad, miedź, nikiel i cynk.

Urządzenia do adsorpcji są budowane jako zbiorniki cylindryczne pionowe lub poziome.

Metody katalitycznego utleniania i redukcji polegają na wykorzystaniu zjawiska przyspieszania reakcji chemicznych w obecności katalizatorów. Przy użyciu katalizatorów substancje toksyczne są przetwarzane na związki nieszkodliwe lub mniej szkodliwe (na przykład dwutlenek siarki jest utleniany do trójtlenku siarki w celu dalszej przeróbki tego ostatniego na kwas siarkowy lub siarczan amonu). Tlenki azotu z kolei w procesie redukcji mogą być rozkładane do wolnego azotu.

Metody spalania płomieniem bezpośrednim służą do usuwania (przekształcania) palnych składników zawartych w oczyszczanej mieszaninie (głównie par węglowodorów).

Metody kondensacyjne polegają na oziębianiu zanieczyszczonego powietrza, przy stałym ciśnieniu, do temperatury niższej od temperatury kondensacji par substancji zanieczyszczającej. W ten sposób można odzyskać substancję zanieczyszczającą w stanie ciekłym.

Metody kompresyjne polegają na tym, że mieszanina par substancji zanieczyszczającej powietrze jest sprężana, przy równoczesnym odparowaniu wydzielającego się ciepła. W rezultacie otrzymuje się bezpośrednio daną substancję. Metoda ma dwie zasadnicze wady: wysokie koszty i niebezpieczeństwo wybuchu.

Wszystkie opisane metody znajdują praktyczne zastosowanie.

Dwutlenek siarki może być absorbowany w procesie odsiarczania spalin. Proces polega na zraszaniu spalin szlamem wapniowym. Metoda ta przyczynia się do zmniejszenia emisji spalin o około 90%. Nowe elektrownie opalane paliwem o dużej zawartości siarki są wyposażane w takie urządzenia.

Spaliny zawierające tlenki azotu mogą być poddane procesowi denitryfikacji. W Japonii, RFN wykorzystuje się na przykład metody katalityczne, podczas których tlenki azotu reagują z amoniakiem tak, że duża ich część zmienia się w wolny azot i wodę. Metoda ta zmniejsza emisję tlenków azotu o około 85%.

Urządzenia odpylające są przeznaczone do zatrzymywania pyłów, sadzy i dymów. Pod nazwą „urządzenia odpylające" należy rozumieć zespół urządzeń koniecznych do wydzielania pyłu z zapylonego gazu. Zespół z reguły składa się z odpylacza, w którym następuje wydzielenie ziaren pyłu z gazu oraz urządzeń pomocniczych w postaci przewodów ssących i tłoczących, wentylatorów i dmuchaw, silników napędzających, instalacji elektrycznych, pomp i przewodów

wodnych, zbiorników na pył, urządzeń odprowadzających pył. Zestaw i rodzaj urządzeń pomocniczych zależy od typu odpylacza. Można je podzielić na cztery grupy:

- mechaniczne suche urządzenia odpylające;
- mechaniczne mokre urządzenia odpylające;
- odpylacze tkaninowe (filtracyjne);
- elektrostatyczne urządzenia odpylające (elektrofiltry).

Mechaniczne suche urządzenia odpylające to komory osadcze, cyklony, multicyklony, odpylacze o ruchu obrotowym cylindrycznej budowy, odpylacze wirnikowe. Najczęściej spotykane są cyklony. Mają bardzo szeroki zakres zastosowania m.in. w obiegach wentylacyjnych i tam gdzie w grę wchodzi odpylanie małych ilości gazu (z palenisk kotłów parowych, w odlewniach, piecach wapiennych itp.). Cyklony stosuje się także z innymi typami odpylaczy jako pierwszy stopień odpylania (np. z odpylaczami mokrymi, tkaninowymi lub elektrostatycznymi). Działają na zasadzie działania dużych sił odśrodkowych z odrzutem cięższych ciał stałych w kierunku ścianek cylindra, po którym zsuwają się do umieszczonego w dole zbiornika pyłu. Charakteryzują się łatwą obsługą, niskimi kosztami inwestycyjnymi i eksploatacyjnymi, lecz również niezbyt wysoką skutecznością działania.

Mechaniczne mokre urządzenia odpylające stanowią najliczniejszą grupę urządzeń odpylających. Są to m.in. płuczki wieżowe, cyklony mokre, płuczki obrotowe, odpylacze ze zwężką Venturiego. Zasada ich działania polega na wykorzystaniu zjawisk występujących przy dodawaniu cieczy do zapylonego gazu tj. kondensacji pary wodnej, dyfuzji, zderzania się kropelek cieczy z ziarenkami pyłu, zjawisk elektrostatycznych, rozdrobnienia gazu, osadzania się pyłu. Urządzenia te są przeznaczone do odpylenia gazów technologicznych z pyłów drobnych, nieagresywnych i nie cementujących. Charakteryzują się małą czułością na zmiany temperatury i wilgotności oraz stosunkowo wysoką sku-

tecznością odpylania (do 99%). Mokre urządzenia odpylające niezależnie od odpylania gazu mogą być równie wykorzystywane do chłodzenia gazu lub wydzielania zanieczyszczeń gazowych.

Odpylacze tkaninowe (filtracyjne) działają na zasadzie oddzielania pyłu podczas przepływu zapylonego gazu przez materiały filtracyjne tj. warstwy kształtek ceramicznych, metalowych, tkaniny, włókniny, filce i bibuły. Najbardziej rozpowszechnione są odpylacze filtracyjne tkaninowe, w których materiałem filtracyjnym są tkaniny lub włókniny naturalne lub sztuczne pozwalające na oddzielanie pyłów o wielkości ziaren rzędu 1 mikrometra. Często wymagają one wstępnego odpylenia gazów. Rozpatrywane odpylacze są stosowane w cementowniach, wapiennikach, wytwórniach mączek mineralnych, w przemyśle metalurgicznym, maszynowym, a także chemicznym.

Elektrostatyczne urządzenia odpylające (elektrofiltry) to urządzenia, w których wykorzystuje się siły elektrostatyczne. Zapylony gaz ulega jonizacji w silnym polu elektrycznym, a następnie ziarna pyłu są przyciągane przez elektrodę zbiorczą, gdzie koagulują i przy wstrząsaniu opadają do zbiornika pyłu. Elektrofiltry charakteryzują się wysoką skutecznością działania (powyżej 99,5%) oraz niskimi oporami przepływu nawet dla bardzo dużej ilości gazów. Z tego względu elektrofiltry stosowane są do odpylania dużych ilości gazów np. spalin z kotłów energetycznych, w cementowniach, metalurgii i przemyśle chemicznym.

Zastosowane urządzenie odpylające w każdym przypadku powinno ograniczyć emisję do wielkości uznanych za dopuszczalne.

Technologie odsiarczania paliw zastosowane na skalę przemysłową mogą przyczynić się do znacznego zmniejszenia emisji dwutlenku siarki. Sam proces odsiarczania polega na zmieleniu węgla i oddzieleniu frakcji zawierającej siarkę. Istota procesu polega na wykorzystaniu różnicy między gęstością węgla (1,2 - 1,5 g/cm^3) i pirytu (5 g/cm^3). Sproszkowany węgiel pływa po powierzchni cieczy

o odpowiedniej gęstości, pośredniej między gęstością węgla i pirytu. Węgiel zbiera się i usuwa z powierzchni, podczas gdy piryt i inne materiały osiadają na dnie. W ten sposób można oddzielić ponad połowę siarki. Ropę naftową również można poddać procesowi odsiarczania. Procesy odsiarczania węgla i ropy naftowej w Polsce na razie nie znalazły szerokiego zastosowania ze względu na wysokie koszty tego procesu.

Zastosowanie nowoczesnych kotłów, w których spala się węgiel i ropę naftową, może również poważnie przyczynić się do ograniczenia emisji dwutlenku węgla i tlenków azotu. Kotły fluoidalne przyczyniają się do zmniejszenia emisji dwutlenku siarki. W toku spalania wprowadza się do nich węglan wapnia. Po jego dodaniu następuje wiązanie go z siarką, przy czym powstaje gips, który usuwa się wraz z popiołem. Koszty nie są zbyt wysokie. Metodę wiązania siarki z węglanem wapnia w gips można stosować zarówno podczas konwencjonalnego spalania jak i tzw. wirowania (paliwo wiruje dla zwiększenia powierzchni reakcji). Podczas stosowania tej metody ulega też zmniejszeniu emisja tlenków azotu (o 20 - 80%), ponieważ spalanie przebiega w znacznie niższej temperaturze (730 - 1010°C). Nowoczesne kotły emitują też znacznie mniejszą ilość pyłów. Wykorzystanie sproszkowanego węgla, a następnie staranne wymieszanie go z nadmiarem powietrza, powoduje całkowite spalanie paliwa i tym samym eliminuje powstawanie dymu i sadzy.

Konwertery katalityczne zwane w Polsce zwyczajowo „katalizatorami", zastosowane w pojazdach samochodowych, przyczyniają się do zmniejszenia emisji gazów wytworzonych w procesie spalania paliwa samochodowego. Urządzenia te, składające się najczęściej z platyny oraz palladu naniesionych na tlenek glinu, umożliwiają utlenienie nie spalonych całkowicie węglowodorów i tlenku węgla. W rezultacie powstają produkty nietoksyczne lub mniej toksyczne. Katalizatory są wrażliwe na „trujące" działanie ołowiu. W związku z tym użycie benzyny bezołowiowej jest warunkiem limitującym poprawne działanie katalizatora. Dodatkową korzyścią zastosowania katalizatorów jest więc znaczne ograni-

czenie zanieczyszczenia środowiska ołowiem. W przypadku zastosowania skomplikowanych układów zapłonu i sposobu podawania paliwa oraz urządzeń kontrolujących skład podawanej mieszanki i kąt wyprzedzenia zapłonu dodatkową korzyścią jest zminimalizowanie wydzielanych zanieczyszczeń w gazach spalinowych.

Zastosowanie energii alternatywnej

Zastosowanie energii alternatywnej to istotny czynnik, który może przyczynić się do zmniejszenia emisji gazów i pyłów do atmosfery. Poszczególne rodzaje energii alternatywnej - energia jądrowa, słoneczna, bioenergia, wiatrowa, geotermalna i wodna to rodzaje energii, których uzyskanie nie jest związane z zanieczyszczeniem atmosfery. Perspektywy rozwoju wymienionych wyżej rodzajów energii są zróżnicowane.

Energia jądrowa jawiła się w latach sześćdziesiątych i siedemdziesiątych rozwiązaniem przyszłości jako tania, czysta, bez ubocznych skutków dla środowiska i praktycznie niewyczerpalna. Twierdzenia te nie wytrzymały jednak próby czasu. Po dramatycznej w skutkach katastrofie reaktora jądrowego w Czarnobylu wytworzyła się w społeczeństwach negatywna opinia o energetyce jądrowej. W rezultacie obserwuje się stagnację a nawet kryzys w wykorzystaniu energetyki jądrowej. Wprawdzie ilość energii wytwarzanej przez siłownie nuklearne stale rośnie, to jednak jest to tylko efekt dochodzenia do pełnej mocy istniejących bloków energetycznych. Należy oczekiwać, że od końca lat dziewięćdziesiątych ilość ta będzie się zmniejszała, jako że stare elektrownie będą sukcesywnie wygaszane (czas życia elektrowni szacuje się na 30 lat), a nowych nie będzie przybywać. Wraz z wygaszeniem elektrowni jądrowych powstanie problem co zrobić z wysokoaktywnymi odpadami. Dotąd nie opracowano prawdziwie skutecznej metody ich utylizacji i przechowywania. Pewne nadzieje stwarzają rezultaty prac nad nową generacją elektrowni jądrowych. Jeżeli

zostaną spełnione być może właśnie energetyka jądrowa w XXI wieku stanie się głównym źródłem energii uzyskiwanej bez jednoczesnego skażenia środowiska.

Duże nadzieje pokłada się też na wykorzystaniu najbardziej bezodpadowego i odnawialnego źródła energii - energii promieniowania słonecznego. Oczywiście ze względu na nierówny „dostęp" do Słońca w różnych regionach globu szansę na wykorzystanie tej energii są różne w różnych szerokościach geograficznych. Stąd też niektóre kraje są w lepszej sytuacji niż inne. Rośliny, jak dotąd jedyni bezpośredni użytkownicy energii słonecznej, na całą produkcję wykorzystują nie więcej niż 1% docierającego do Ziemi promieniowania. Ocenia się, że zasymilowana przez rośliny energia przez cały czas ich istnienia na Ziemi równa się energii całkowitego promieniowania docierającego do powierzchni planety w ciągu roku.[13] Energia płynąca ze Słońca, z której zaledwie 1/15 000 asymilowana jest przez wszystkie rośliny, jest „do wzięcia „ na inne cele, między innymi do spożytkowania w systemie słoneczno - termalnym, który dostarcza ciepła do siłowni elektrycznych i na domowy użytek, albo w systemie ogniw słonecznych, które już bezpośrednio produkują energię elektryczną. W mikroskali spotykamy się na codzień z bateriami słonecznymi w kalkulatorach. Zarówno system termalny jak i ogniwa słoneczne mogą służyć do wytwarzania wodoru, który z kolei może być użyty bezpośrednio jako paliwo w transporcie lub przemyśle. Jest to wprawdzie paliwo nie dające żadnych produktów ubocznych, ale o właściwościach wybuchowych, co ogranicza nieco możliwości jego wykorzystania. Energia słoneczna może też być wykorzystana w sposób bardziej konwencjonalny jako bezpośrednio przetwarzana w tkankach roślin - w formie zawartej w nich biomasy. Może też być przerobiona bezpośrednio - rośliny są zjadane przez bydło, które produkuje nawóz służący bezpośrednio do produkcji

---

[13] Wielkości według danych zamieszczonych w publikacji A Kalinowskiej „Ekologia - wybór przyszłości, wydanie Edittion Spotkania, Warszawa 1993 str. 238

biogazu. Rośliny mogą być wykorzystywane nie tylko jako spalana biomasa, lecz może z nich być wytworzony w procesie fermentacji etanol.

Jeszcze nie tak dawno temu głównym argumentem przeciwko rozwojowi farm roślin opałowych była konieczna do tego powierzchnia upraw i związane z tym kłopoty. Jednak wraz z rozwojem sposobów przetwarzania energii i kosztów jej uzyskania niezbędna powierzchnia zmniejsza się. Przy współczesnej wydajności wykorzystania energii wynoszącej 15% potrzeba mniej niż 0,1% powierzchni krajów strefy podzwrotnikowej, by teoretycznie zaspokoić całe zapotrzebowanie tych państw na energię pierwotną. W krajach uprzemysłowionych, o większym zapotrzebowaniu na energię, potrzeba więcej terenu pod taką uprawę - 0,5% powierzchni kraju.

Wykorzystanie energii wiatru to kolejny kierunek rozwoju źródeł energii odnawialnej. Od 1973 roku, czyli kryzysu naftowego, który stał się pierwszym bodźcem do poszukiwania nowych źródeł energii, zainstalowano ponad 50000 turbin wiatrowych w różnych krajach świata. USA, Holandia i Dania mają nawet ośrodki zwane „fermami wiatraków", gdzie na niewielkiej powierzchni jest ustawionych od kilku do kilkudziesięciu turbin wiatrowych. Rekordzistą w wykorzystaniu energii wiatru jest Kalifornia - stan, w którym produkuje się około 90% światowej ilości prądu uzyskiwanego z rozpatrywanej energii. Amortyzacja kosztów urządzeń technicznych następuje po 4-5 latach, później energia kosztuje już bardzo niewiele.

Energia geotermalna jest również obiecującym źródłem energii, choć nie wszędzie jest łatwo dostępna. Jest jej dużo. Szacuje się, że górna warstwa skorupy ziemskiej (do 5 kilometrów w głąb) zawiera 40 milionów razy więcej energii niż wszystkie rezerwy ropy naftowej i gazu łącznie. Może być użyta jednak tylko wtedy, gdy jest skoncentrowana w postaci źródeł gorącej wody uwięzionej w skałach. Z takich źródeł słynie Islandia, gdzie są one wykorzystywane do ogrzewania mieszkań. Jeżeli woda jest wystarczająco gorąca może być

użyta bezpośrednio do wytwarzania energii elektrycznej tak jak się to dzieje w elektrowni Loretello we Włoszech. W latach osiemdziesiątych potencjał światowej energii geotermalnej wzrósł niemal trzykrotnie. Już w 18 państwach są zakłady przetwarzające energię geotermalną. Wśród tych państw jest również Polska. Energia geotermalna jest bowiem u nas wykorzystywana do ogrzewania miasta Pyrzyce oraz miejscowości w okolicy Zakopanego.

Hydroenergia to energia spiętrzonej, spadającej wody płynącej do morza. Hydroelektrownie dostarczają obecnie około 1/5 światowej energii elektrycznej. Na Światowej Konferencji Energetycznej w 1988 roku przewidywano, że wytwarzanie energii przez hydroelektrownie może wzrosnąć kilkakrotnie do roku 2020. Duże elektrownie wodne wywołują jednak zmiany w środowisku naturalnym. Stąd też w wielu krajach, w tym i w Polsce, myśli się o odtworzeniu małej energetyki wodnej, której tradycje sięgają setek lat. Oprócz bezpośredniego dostarczania energii związane z tym spiętrzenia, zwiększają lokalną retencję wodną, wpływając korzystnie na mikroklimat okolicy.

W Polsce duże nadzieje wiąże się z biogazowniami, zwłaszcza tymi, które działają przy wielkich gospodarstwach hodowlanych - rozwiązują one bowiem problem trującej glebę gnojowicy. Dla oszczędności powinno się też przekształcać elektrownie w elektrociepłownie, co pozwoliłoby na wykorzystanie ciepła, którego duże ilości przy produkcji elektryczności się marnują. Wielkie szanse otwierają się też przed badaniami nad wykorzystaniem i poszukiwaniem złóż gazu ziemnego, którego spalenie daje w rozliczeniu na jednostkę energii dwa razy mniej dwutlenku węgla niż węgiel kamienny.

Wielkie oszczędności energii, a więc i zmniejszenie emisji gazów i pyłów można uzyskać produkując energooszczędny sprzęt domowy i urządzenia przemysłowe.

Konwencje międzynarodowe jako bariera dla emisji zanieczyszczeń chemicznych atmosfery.

Poczynając od lat siedemdziesiątych społeczność międzynarodowa podjęła wysiłki mające na celu radykalne zmniejszenie emisji szkodliwych substancji chemicznych do atmosfery. Zaowocowały one zorganizowaniem szeregu konferencji i przyjęciem konkretnych konwencji międzynarodowych. Do tych ostatnich należą:

- konwencja w sprawie transgranicznego zanieczyszczenia powietrza na dalekie odległości;
- konwencja wiedeńska w sprawie ochrony warstwy ozonowej;
- ramowa konwencja ONZ w sprawie zmian klimatu (podpisana przez Polskę, nie ratyfikowana).

Konwencja wiedeńska w sprawie ochrony warstwy ozonowej została podpisana w 1985 roku. Następnie w 1987 roku podpisano „Protokół Montrealski w sprawie substancji naruszających warstwę ozonową".

W protokole zalecono redukcję zużycia tych substancji, nie określając jednak konkretnych terminów wprowadzenia tych ograniczeń. Działania zalecane protokołem montrealskim zostały następnie ocenione i nowe, skorygowane rozwiązania zostały przyjęte na konferencjach w Londynie w 1990 roku i w Kopenhadze w 1992 roku. W Londynie uzgodniono całkowite zaprzestanie produkcji substancji niszczących ozon do 2000 roku. 13 państw zobowiązało się do zaprzestania produkcji freonów już do roku 1997. Trzy państwa - Stany Zjednoczone, Wielka Brytania i Niemcy jako rok graniczny zaprzestania produkcji halonów i freonów przyjęły rok 1995. Ustanowiono też fundusz pomocy dla krajów rozwijających się, których nie stać na szybkie przestawienie się na technologie bez freonów. Polska podpisała protokół montrealski i jest także (od 11 października 1990 roku) członkiem konwencji wiedeńskiej w sprawie ochrony warstwy ozonowej. Polska przystąpiła do konwencji tylko jako użytkownik

substancji niszczących warstwę ozonową, gdyż freonów i halonów w Polsce się nie produkuje. Zobowiązania wobec konwencji dotyczą więc zakazu importu i używania produktów zawierających te substancje. Nie będzie to jednak takie proste. W Polsce większość lodówek zawiera freony, które muszą być zastąpione nową generacją substancji bezfreonowych. W sklepach sprzedaje się też wiele dezodorantów i innych kosmetyków opartych na wykorzystaniu freonów.

Konwencja w sprawie zmian klimatu została przyjęta i podpisana przez 153 państwa na konferencji, która odbyła się w Rio de Janeiro, w dniach 3 - 14 czerwca 1992 roku. Podstawowa zasada konwencji mówi, że „Strony chronią system klimatyczny dla dobra obecnych i przyszłych pokoleń w oparciu o zasady sprawiedliwości i zgodnie z własnymi wspólnymi choć zróżnicowanymi zasadami odpowiedzialności i indywidualnych możliwości”[14]. Uznano za konieczne „ustabilizowanie ilości gazów wywołujących efekt cieplarniany w atmosferze, który zapobiegałby niebezpiecznemu wpływowi na system klimatyczny”. Przyjęta konwencja przewiduje też „zapewnienie nowych i dodatkowych źródeł finansowania dla pełnego pokrycia uzgodnionych kosztów poniesionych przez strony - państwa rozwijające się w ramach wypełnienie uzgodnionych zobowiązań”. Konwencja przewiduje też, że „każda ze stron w ciągu sześciu miesięcy od wejścia w życie niniejszej konwencji dostarczy szczegółowych informacji na temat swoich narodowych strategii i podejmowanych działań”.

Do realizacji postanowień konwencji ustanowiono: Konferencję Stron i Sekretariat. Konferencja Stron ma przyjmować i oceniać okresowe raporty i zapewnić ich publikacje, formułować zalecenia, zapewnić źródła finansowania, ustalić zasady finansowania przyjętych programów oraz ustanawiać niezbędne komórki pomocnicze. Sekretariat ma organizować Konferencję Stron, gromadzić raporty i organizować współpracę.

---

[14] Cytaty z pracy St. Kozłowski, Rio. Szczyt Ziemi Początek Ery Ekologicznej, Warszawa 1993 str. 117 - 120

Konwencja na razie (1997 rok) nie weszła w życie i nie została ratyfikowana przez Polskę. Realizacja jej postanowień wymaga wielkich nakładów finansowych co jest główną przyczyną tego, że nie weszła ona w życie. Wypełnienie postulatów zawartych w konwencji wymaga bowiem realizacji postulatów sprecyzowanych na konferencjach międzynarodowych w Toronto (1988r) i Berlinie (1996r). W szczególności niezbędna jest realizacja następujących postulatów:

- 20% redukcja emisji dwutlenku węgla przez kraje uprzemysłowione do 2005 roku przez oszczędności i zmniejszenie zużycia paliw kopalnych; zmniejszenie emisji dwutlenku węgla o 50% w dalszej perspektywie;
- przechodzenie z węgla i ropy naftowej na inne paliwa np. gaz ziemny;
- finansowanie w większym stopniu badań nad wykorzystaniem energii słonecznej, wiatru, energii geotermicznej oraz atomowej opartej na wykorzystaniu bezpiecznych reaktorów;
- radykalne zmniejszenie wycinania lasów i zachęcanie do ich ochrony i sadzenia;
- rezygnacja z produkcji freonów do 2000 roku.

2. SKAŻENIA CHEMICZNE WÓD

2.1. Ogólna charakterystyka wód

Woda to tlenek wodoru. W warunkach normalnych czysta woda jest cieczą bezbarwną, bez smaku i zapachu, o temperaturze topnienia 0°C i temperaturze wrzenia 100°C. Występuje we wszystkich stanach skupienia: stałym (lód), ciekłym i gazowym (para wodna). Jedną z anomalii wody, którą wykazuje w porównaniu z innymi cieczami, jest zwiększenie jej gęstości podczas ogrzewania od 0°C do 4°C (temperatura maksymalnej gęstości). Charakterystyczny dla wody jest również wzrost objętości podczas krzepnięcia. Woda jest dobrym rozpuszczalnikiem wielu substancji. Rozpuszczają się w niej liczne kwasy, zasady i sole, a także gazy, zwłaszcza amoniak, dwutlenek węgla i dwutlenek siarki, które wstępują z wodą w reakcje chemiczne. Większość substancji rozpuszczalnych w wodzie ulega hydrolizie i hydratacji. Woda jest związkiem aktywnym chemicznie - tworzy zasady z tlenkami metali oraz kwasy z tlenkami niemetali. Reaguje z metalami, niekiedy gwałtownie (potasowce, wapniowce), niekiedy zaś dopiero w wyższej temperaturze (np. żelazo). Odporne na działanie wody są metale szlachetne. Woda reaguje też z chlorowcami, a nawet z gazami szlachetnymi (tworzy hydraty). Należy też nadmienić, że woda pełni rolę katalizatora wielu procesów (np. korozji). W nieznacznym stopniu dysocjuje na jony wodorowe i wodorotlenowe. Ta właściwość pozwala rozłożyć wodę na tlen i wodór metodą elektrolizy. Sztucznie wodę można otrzymać, poprzez bezpośrednią syntezę z pierwiastków, przy czym reakcja jest egzotermiczna i może zakończyć się wybuchem.

Woda jest jednym z najważniejszych i najbardziej rozpowszechnionych związków chemicznych. Znajduje się w stałym obiegu w przyrodzie stanowiąc jedną z geosfer (hydrosferę). Zajmuje 2/3 powierzchni Ziemi. Znajduje się również w skałach skorupy ziemskiej oraz w postaci pary wodnej w atmosferze. Występuje także w stanie związanym jako woda konstytucyjna, krystaliczna i zeolityczna. Naturalne wody zawierają zwykle rozcieńczone roztwory różnych

soli, rozpuszczone gazy, bakterie i inne drobnoustroje oraz różne zawiesiny mineralne. Obecność w wodzie różnych składników zależy od jej pochodzenia. Stosunkowo najczystsze są wody opadowe. Zwykle zawierają one niewielkie ilości rozpuszczonych gazów (głównie azotu, tlenu i dwutlenku węgla, rzadziej dwutlenku siarki i trójtlenku azotu). Wody zawierające duże ilości wapnia i magnezu są uważane za wody twarde.

Woda jest jednym z podstawowych składników żywego organizmu, ilościowo pierwszoplanowym. Umożliwia przebieg procesów przemiany materii, a także bierze bezpośredni udział w wielu z tych procesów. Woda jest niezbędnym elementem wewnętrznego środowiska ustroju. Wchodzi w skład płynów komórkowych i tkankowych. Jako rozpuszczalnik wielu substancji i ich transporter ułatwia ich przyswajanie przez organizm. Bierze też udział w regulacji ciśnienia osmotycznego. Woda jest także niezbędnym elementem środowiska zewnętrznego, przy czym dla licznych zwierząt i roślin stanowi jedyne środowisko, w którym mogą przebywać i do którego w swoisty sposób są przystosowane. Między organizmami żywymi i ich otoczeniem zachodzi nieustanna wymiana wody, która w przypadku świata roślinnego ma bardzo ważne znaczenie dla ogólnego bilansu krążenia wody w przyrodzie.

Krążenie wody w przyrodzie to zamknięty cykl obiegu wody odbywający się pod działaniem energii słonecznej oraz siły ciężkości. Elementami składowymi cyklu są opady atmosferyczne, odpływy i parowanie.

W pewnych określonych warunkach atmosferycznych kropelki wody i kryształki lodu, z których składają się chmury, wypadają z nich, i o ile po drodze nie wyparują z powrotem do atmosfery, osiągają powierzchnię Ziemi w postaci opadów atmosferycznych. Około 4/5 opadów trafia bezpośrednio do oceanów, reszta na powierzchnię lądów. Część wody trafiającej w postaci opadów (osadów) atmosferycznych na powierzchnię lądów wyparowuje z powrotem do atmosfery, pozostała zaś część spływa z powierzchni lądów, bądź wsiąka do gleby infiltrując w grunt. Część jej zostaje pobrana przez rośliny, część zaś po

osiągnięciu zwierciadła wód gruntowych spływa ku źródłom, mokradłom, rzekom i oceanom. Obok odpływu wód odbywa się niemal nieustanne ich parowanie, zarówno z wolnej powierzchni wszystkich zbiorników wodnych jak i z powierzchni lądów (ewaporacja) oraz roślin (transpiracja). Przy odpowiednich warunkach atmosferycznych, a przede wszystkim przy dostatecznym oziębieniu się powietrza, para wodna osiąga stan nasycenia i przy dalszym obniżeniu się temperatury ulega kondensacji tworząc mgły i chmury. W ten sposób cykl krążenia wody zostaje zamknięty. Obieg wód naturalnych sprawia, że co pewien czas ulegają one wymianie. Jeżeli przyjąć, że ogólnie objętość wszystkich wód ziemskich wynosi 1360 x 10^6 km^3, średnia zaś roczna wysokość opadów 743 mm, to otrzymujemy, że cała masa wody na kuli ziemskiej ulega wymianie w ciągu około 3600 lat. Wielkość ta ma znaczenie jedynie teoretyczne; istnieją bowiem masy wód uwięzione w lądolodach i lodowcach, które znajdują się poza obiegiem przez dziesiątki, a być może przez setki tysięcy lat. Za to wody deszczowe ulegają wymianie 30 razy rocznie, zaś okres ich obiegu wynosi zaledwie 12 dni.

Woda znajduje szerokie zastosowanie. Używana jest do spożycia, celów komunalno - bytowych i w przemyśle. Stosuje się ją jako nośnik ciepła (chłodnictwo, ogrzewnictwo), źródło energii elektrycznej (hydroelektrownie). Jako dobry rozpuszczalnik stanowi źródło wielu reakcji chemicznych. Jest używana m.in. do rozdzielania substancji metodą flotacji lub sedymentacji, do przemywania osadów, do oczyszczania substancji przez krystalizację itp. W zależności od przeznaczenia wody w stosunku do niej precyzuje się różnego rodzaju wymagania. Są one różne w stosunku do wód powierzchniowych (płynących, stojących i morskich), podziemnych i pitnych.

Dotychczas obowiązująca w naszym kraju metoda oceny śródlądowych wód powierzchniowych polega na wykonywaniu analiz chemicznych, fizycznych

i mikrobiologicznych, pozwalających określić wartość 57 wskaźników.[15] Przedstawiono je w tabeli 16. Dla poszczególnych składników określono normatywne wartości dopuszczalnych zanieczyszczeń w trzech klasach czystości wody. Klasa pierwsza obejmuje wody nadające się do: zaopatrzenia ludności w wodę do picia, zaopatrzenia zakładów wymagających wody o jakości wody do picia, bytowania w warunkach naturalnych ryb łososiowatych. Klasa druga obejmuje z kolei wody nadające się do: bytowania w warunkach naturalnych innych ryb niż łososiowate; chowu i hodowli zwierząt gospodarskich, celów rekreacyjnych, uprawiania sportów wodnych oraz do urządzenia zorganizowanych kąpielisk. Klasa trzecia obejmuje wody nadające się do zaopatrzenia zakładów innych niż zakłady wymagające wody o jakości wody do picia, nawadniania terenów rolniczych, terenów wykorzystywanych do upraw ogrodniczych oraz upraw pod szkłem i pod osłonami z innych materiałów.

W razie przeznaczenia wody do innych celów niż podane wyżej, zaliczenie wody do jednej z klas dokonuje się odpowiednio do wymagań jej czystości. Jeżeli woda na określonym odcinku jest przeznaczona do różnych celów to klasą jej czystości jest klasa, dla której określono wyższe wymagania. Ocena jakości wody w danym przekroju rzeki polega na przypisaniu stanom jakości wód w tym przekroju takiej klasy, jaka odpowiada wskaźnikowi krytycznemu tj. przybierającemu najbardziej niekorzystną wartość. Ten sposób oceny jakości wody ma dwie zasadnicze wady:

- występowanie skokowego charakteru oceny jakości wody;
- uzależnienie sumarycznej oceny jakości wody od wskaźnika krytycznego.

W stosunku do wody przeznaczonej do picia również określa się wskaźniki fizyczne, chemiczne i biologiczne, w oparciu o które określa się jej przy-

---

[15] Są one zawarte w rozporządzeniu Ministra Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa z dnia 5 listopada 1991 roku w sprawie klasyfikacji wód oraz warunków jakim powinny odpowiadać ścieki wprowadzane do wód lub do ziemi (Dz.U. nr 116 poz. 503).

Tabela 16

Wartości wskaźników zanieczyszczeń śródlądowych wód powierzchniowych

l.p.	Nazwa wskaźnika	Jednostka	Klasa czystości		
			I	II	III
1	2	3	4	5	6
1	Temperatura	°C	22 i niżej	26 i niżej	26 i niżej
2	Zapach	-	naturalny	naturalny	naturalny
3	Barwa	mg Pf/l	naturalna	naturalna	naturalna
4	Odczyn	pH	6,5 - 8,5	6,5 - 9	6 - 9
5	Zawiesiny ogólne	mg/l	20 i niżej	30 i niżej	50 i niżej
6	Pięciodniowe biochemiczne zapotrzebowanie tlenu (BZT_5)	mg/l	4 i niżej	8 i niżej	12 i niżej
7	Chemiczne zapotrzebowanie tlenu metodą nadmanganianową(ChZTMn)	mg/l	10 i niżej	20 i niżej	30 i niżej
8	Chemiczne zapotrzebowanie tlenu metodą dwuchromianową (ChZTCr)	mg/l	25 i niżej	70 i niżej	100 i niżej
9	Tlen rozpuszczony	mg/l	6 i powyżej	5 i powyżej	4 i powyżej
10	Azot amonowy	mg/l	1 i niżej	3 i niżej	6 i niżej
11	Azot azotanowy	mg/l	5 i niżej	7 i niżej	15 i niżej
12	Azot azotynowy	mg/l	0,02	0,03	0,06
13	Azot ogólny	mg/l	5	10	15
14	Fosforany rozpuszczone	mg/l	0,2	0,6	1
15	Fosfor ogólny	mg/l	0,1	0,25	0,4
16	Twardość ogólna	$mgCaCO_3/l$	350	550	700 i niżej
17	Przewodność elektryczna	µS/cm	800	900	1200 i niżej
18	Chlorki	mg/l	250	300	400
19	Siarczany	mg/l	150	200	250
20	Sód	mg/l	100	120	150 i niżej
21	Potas	mg/l	10	12	15
22	Substancje rozpuszczalne	mg/l	500	1000	1200
23	Żelazo ogólne	mg/l	1	1,5	2
24	Arsen	mg/l	0,05	0,05	0,2
25	Bor	mg/l	1 i niżej	1 i niżej	1 i niżej
26	Cynk	mg/l	0,2 i niżej	0,2 i niżej	0,05 i niżej
27	$Chrom^{+3}$	mg/l	0,05 i niżej	0,1 i niżej	0,1 i niżej
28	$Chrom^{+6}$	mg/l	0,05 i niżej	0,05 i niżej	0,05 i niżej
29	Kadm	mg/l	0,005	0,03	0,1
30	Mangan	mg/l	0,1	0,3	0,8
31	Miedź	mg/l	0,05 i niżej	0,05 i niżej	0,05 i niżej
32	Nikiel	mg/l	1 i niżej	1 i niżej	1 i niżej
33	Ołów	mg/l	0,05 i niżej	0,05 i niżej	0,05 i niżej
34	Rtęć	mg/l	0,001	0,005	0,01
35	Selen	mg/l	0,01 i niżej	0,01 i niżej	0,01 i niżej
36	Srebro	mg/l	0,01 i niżej	0,01 i niżej	0,01 i niżej
37	Wanad	mg/l	1 i niżej	1 i niżej	1 i niżej
38	Chlor wolny	mg/l	niewykrywalny	niewykrywalny	niewykrywalny
39	Cyjanki wolne	mg/l	0,01 i niżej	0,01 i niżej	0,01 i niżej
40	Cyjanki związane	mg/l	1	2	3
41	Fluorki	mg/l	1,5	1,5	2 i niżej
42	Rodanki	mg/l	0,02	0,5	1
43	Siarczki	mg/l	niewykrywalne	niewykrywalne	0,1 i niżej
44	Aldehyd mrówkowy	mg/l	0,05	0,05	0,2 i niżej
45	Akrylonitryl	mg/l	2 i niżej	2 i niżej	2 i niżej
46	Fenole lotne	µg/l	0,005	0,02	0,05 i niżej
47	Insektycydy z grupy węglowodorów chlorowych	µg/l	0,05 i niżej	0,05 i niżej	0,05 i niżej
48	Insektycydy fosforoorganiczne	mg/l	1 i niżej	1 i niżej	1 i niżej
49	Kaprolaktam	mg/l	1 i niżej	1 i niżej	1 i niżej
50	Substancje powierzchniowo czynne - anionowe	mg/l	0,2	0,5	1
51	Substancje powierzchniowo czynne niejonowe	mg/l	0,5	1	2
52	Substancje ekstrahujące się eterem naftowym	µg/l	5	10	15
53	Benzenopiren	µg/l	0,2 i niżej	0,2 i niżej	0,2 i niżej
54	Chlorofil	µg/l	10	20	30
55	Saprobowość		oligo do betamezo	betamezo do alfamezo	alfamezo
56	Coli typu kałowego		1 i powyżej	0,1 i powyżej	0,01 i powyżej
57	Bakterie chorobotwórcze		niewykrywalne	niewykrywalne	niewykrywalne

datność, bądź nieprzydatność do celów spożywczych. Przedstawiono je w tabelach 17 i 18.

Tabela 17

Warunki organoleptyczne i fizyczno - chemiczne jakim powinna odpowiadać woda do picia i na potrzeby gospodarcze

Lp.	Wskaźnik Nazwa substancji	Jednostka miary	Najwyższa dopuszczalna zawartość lub przedział	Uwagi
	Organoleptyczne			
1	Barwa (Pt)	mg/dm^3	20	
2	Odczyn (pH)	-	6,5 - 8,5	
3	Mętność	mg/dm^3	5	
4	Substancje rozpuszczone	mg/dm^3	800	
5	Siarkowodór	-	zapach niewyczuwalny	
6	Twardość ($CaCO_3$)	mg/dm^3	500	
7	Zapach	-	naturalny, dopuszcz. zapach chloru	
8	Zawiesiny, organizmy wodne martwe i żywe, plamy oleju		brak	
	Fizyczno - chemiczne			
1	Amoniak (N)	mg/dm^3	0,5	
2	Arsen (As)	mg/dm^3	0,05	
3	Azotany (N)	mg/dm^3	10	
4	Benzen	mg/dm^3	0,01	
5	Benzopiren	mg/dm^3	15	
6	Chloroaminy	mg/dm^3	2	
7	Chlorki	mg/dm^3	300	
8	Chlorobenzeny	mg/dm^3	0,005	
9	Chlorofenole	-	niewyczuwalny zapach	
10	Chloroform	mg/dm^3	0,03	
11	Chlor wolny (Cl_2)	mg/dm^3	0,2 - 0,5	w wodzie
12	Chlor użyteczny w wodzie pływalni	mg/dm^3	nie mniej niż 0,2	podanej
13	Chrom	mg/dm^3	0,01	do sieci
14	Cyjanki wodne	mg/dm^3	0,02	
15	Cynk	mg/dm^3	50	
16	Detergenty			
	- anionowe	mg/dm^3	0,2	
	- kationowe	mg/dm^3	0,1	
	- niejonowe	mg/dm^3	0,2	
17	2,4D (dichlorofenoksy octowy)	mg/dm^3	0,05	
18	DDT i jego metabolity	mg/dm^3	0,001	
19	1,2 dichloroetan	mg/dm^3	0,01	
20	1,1 dichloroetan	mg/dm^3	0,001	
21	Fenole	-	zapach niewyczuwalny	
22	Fluorki (F)	mg/dm^3	1,5	
23	Formaldehyd	mg/dm^3	0,05	
24	Glin (Al)	mg/dm^3	0,3	
25	Heptachlor i jego epoksyd	mg/dm^3	0,0001	
26	Heksachlorobenzen	mg/dm^3	15	
27	Kadm	mg/dm^3	0,005	
28	Lindan (gamma HCN)	mg/dm^3	0,005	
29	Mangan (Mn)	mg/dm^3	0,1	
30	Metoksychlor	mg/dm^3	0,03	
31	Miedź (Cu)	mg/dm^3	0,05	
32	Nikiel (Ni)	mg/dm^3	0,03	
33	Ołów (Pb)	mg/dm^3	0,05	
34	Pentachlorofenol	mg/dm^3	0,01	
35	Rtęć (Hg)	mg/dm^3	0,001	
36	Selen (Se)	mg/dm^3	0,01	
37	Siarczany	mg/dm^3	200	
38	Sód (Na)	mg/dm^3	200	
39	Srebro (Ag)	mg/dm^3	0,05	
40	Tetrachlorek węgla	mg/dm^3	0,005	
41	Tetrachloroetan	mg/dm^3	0,01	
42	Trichloroetan	mg/dm^3	0,03	
43	Żelazo	mg/dm^3	0,5	

Źródło: Rozporządzenie Ministra Zdrowia i Opieki Społecznej z dnia 4 maja 1990 zmieniające rozporządzenie w sprawie warunków, jakim powinna odpowiadać woda do picia i na potrzeby gospodarcze

Tabela 18

Warunki bakteriologiczne jakim powinna odpowiadać woda do picia i na potrzeby gospodarcze

Wskaźnik jakości wody	Woda z wodociągów sieciowych (publicznych) zakładowych (dezynfekowana)		Woda z wodociągów sieciowych (publicznych) zakładowych (nie dezynfekowana)		Woda z wodociągów lokalnych, studni publicznych	Woda z urządzeń i na potrzeby własne	Woda dopływająca do basenu kąpielowego	Woda w basenie kąpielowym i na odpływie
	podawana do sieci	w sieci	podawana do sieci	w sieci				
Liczba bakterii grupy coli typu kołowego w 100 ml wody nie większa niż	0	0	0	0	0	x	0	0
Liczba bakterii grupy coli w 100 ml wody nie większa niż	0	1	1	2	2	10	2	5
Liczba koloni bakterii na agarze odżywczym po 24 godz. w temp. 37° w 1 ml wody nie większa niż	10	20	20	40	40	100	100	200
Liczba koloni bakterii na agarze odżywczym po 72 godz. w temp. 20° w 1 ml wody nie większa niż	50	100	100	200	x	x	x	x
Liczba gronkowców w 100 ml wody nie większa niż	x	x	x	x	x	x	2	5

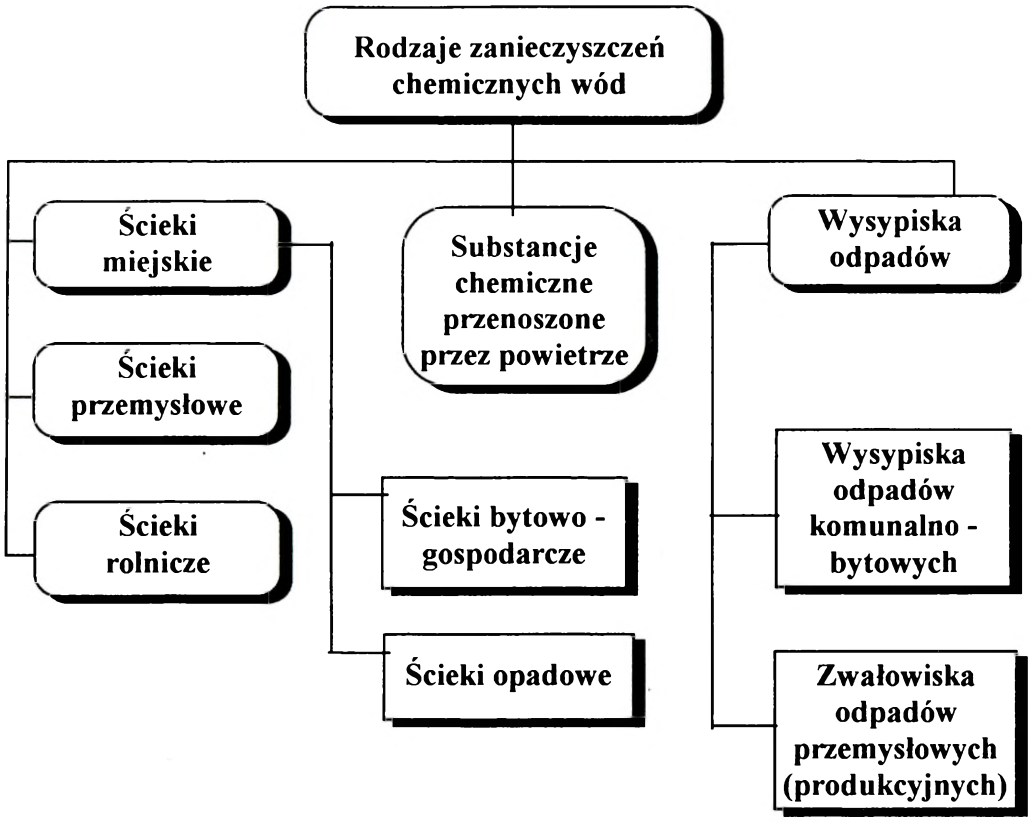
Źródło: Rozporządzenie MZiOS z 4 maja 1990 r, DzU nr 35 poz. 5

Woda nie nadaje się do celów spożywczych wtedy, gdy chociażby jeden ze wskaźników odbiega od ustalonych norm.

2.2. Źródła i mechanizmy skażeń chemicznych (zanieczyszczeń) wód

Skażenia chemiczne wód mają miejsce w przypadku przedostania się do nich substancji chemicznych zawartych w ściekach miejskich, przemysłowych, rolniczych, w odpadach komunalno - bytowych oraz przenoszonych przez powietrze. Zasadnicze źródła zanieczyszczeń chemicznych wód przedstawiono na rysunku 18. Jak wynika z informacji zawartych na rysunku, ścieki[16] miejskie dzielą się na bytowo - gospodarcze i opadowe.

[16] Pod pojęciem ścieków należy rozumieć wprowadzanie do wód lub do ziemi substancji płynnych, stałych lub gazowych mogących spowodować szkodliwe zanieczyszczenie wód. Ściekami są również podgrzane wody chłodnicze, wody skażone promieniotwórczo oraz zasolone wody kopalniane.



Rysunek 18 Zasadnicze źródła skażeń chemicznych wód

Ścieki bytowo - gospodarcze to wody zużyte pochodzące z mieszkań, miejsc użyteczności publicznej i zakładów pracy, w związku z prowadzeniem gospodarstw domowych oraz zaspokajaniem potrzeb higieniczno - sanitarnych. Ilość ścieków bytowo - gospodarczych, wytwarzanych przez jednego mieszkańca w ciągu doby, zależy głównie od standardu wyposażenia mieszkań i zakładów pracy w instalacje wodociągowe i kanalizacyjne, a także od przyzwyczajeń higieniczno - sanitarnych ludzi. Orientacyjne ilości ścieków bytowo - gospodarczych powstających w ciągu doby w przeliczeniu na jednego mieszkańca wynoszą:

- z gospodarstw domowych - 0,05 - 0,25 m^3/Md
- z zakładów pracy - 0,01 - 0,02 m^3/Md
- z zakładów użyteczności publicznej - 0,03 - 0,05 m^3/Md

(M - mieszkanie, d -doba)

Ścieki bytowo - gospodarcze zawierają składniki pochodzenia organicznego i nieorganicznego. Jako nieorganiczne składniki występują zwykle piasek, glina, popiół oraz różne rozpuszczalne i nierozpuszczalne związki chemiczne. Składniki organiczne mogą być pochodzenia roślinnego (resztki warzyw, owoców, oleje roślinne itp.) i zwierzęcego (wydaliny ludzi i zwierząt, resztki tkanki mięsnej i tłuszczowej zwierząt itp.). Organiczne składniki rozpatrywanych ścieków łatwo ulegają gniciu i powinny być usuwane przed odprowadzeniem ścieków do odbiorników. W ściekach bytowo - gospodarczych występować mogą też organizmy żywe: drożdże, grzyby, bakterie i inne. Wskaźnikiem składu bakteriologicznego jest, podobnie jak dla wody, miano coli oraz ogólna ilość bakterii wyhodowana z 1 ml ścieków.

Ścieki opadowe to wody deszczowe lub roztopowe, a także ścieki powstające przy myciu i polewaniu ulic i placów, odpływające kanalizacją (ogólnospławną lub rozdzielczą) z terenów zurbanizowanych. Charakterystyczną cechą ścieków opadowych jest ich nieregularne występowanie przy tym w różnych ilościach. Ilość ścieków opadowych zależy od intensywności i czasu trwania opadu, temperatury powietrza i ukształtowania terenu. Wielkość spływu ścieków opadowych może wynosić od kilku do kilkuset dm^3/sek z 1 ha powierzchni terenu. Głównym źródłem zanieczyszczeń wód opadowych są:

- aerozole znajdujące się w powietrzu, wchłaniane bezpośrednio z atmosfery i obejmujące: dymy i gazy przemysłowe oraz kurze i pyły unoszone z ziemi;
- odpady przemysłowe i miejskie (sól stosowana do odmrażania dróg, śmieci uliczne, odchody zwierzęce, odpady żywnościowe), metale, azbest z hamulców samochodowych, gumy z opon, oleje i smary, związki nieorganiczne z placów budów;
- nawozy sztuczne i pestycydy.

Stężenie zanieczyszczeń w ściekach opadowych zależy głównie od zanieczyszczenia powietrza w obrębie opadów, a także od intensywności i czasu trwania opadu. Pierwsza porcja opadów jest zwykle bardziej zanieczyszczona.

Ścieki przemysłowe to wody zużyte w procesach produkcyjnych przy otrzymywaniu, uszlachetnianiu i przeróbce surowców pochodzenia organicznego i mineralnego. Rodzaje i ilość zanieczyszczeń zawartych w ściekach przemysłowych są bardzo zróżnicowane. Zależą od rodzaju przemysłu, rodzaju surowców użytych do produkcji i od stosowanej technologii produkcji. Np. ścieki pochodzące z chłodzenia urządzeń energetycznych posiadają zwykle podwyższoną temperaturę (tzw. zanieczyszczenia termiczne). Ścieki z przemysłu spożywczego mogą być zbliżone składem do ścieków bytowo - gospodarczych. Ścieki z przemysłu chemicznego mogą zawierać duże ilości substancji organicznych i nieorganicznych oraz często związki trujące takie jak np. metale ciężkie i inne. W statystyce do ścieków przemysłowych zalicza się również wody chłodnicze, zanieczyszczone zasolone wody kopalniane oraz ścieki socjalno - bytowe towarzyszące procesom produkcyjnym.

Wody chłodnicze to wody używane w procesach produkcyjnych do celów chłodzenia. Są to wody podgrzane i po wprowadzeniu ich w dużych ilościach do wód powierzchniowych o małym przepływie (względnie do wód stojących) powodują tak zwane zanieczyszczenia termiczne wód. Następuje wówczas podniesienie temperatury odbiorników wodnych, co prowadzi do poważnych zmian we florze i faunie jezior lub rzek. Największe ilości wód chłodniczych[17] odprowadzają elektrownie cieplne.

---

[17] W statystyce, niektóre wody chłodnicze traktowane są umownie za czyste, nie wymagające oczyszczania. Muszą one jednak spełniać następujące warunki: - są odprowadzane do wód powierzchniowych wydzielonym dla nich systemem kanalizacji i nie następuje ich mieszanie z innymi ściekami wymagającymi oczyszczania; ładunki zanieczyszczeń w wodach chłodniczych (po procesie produkcyjnym) nie są większe od ładunków zanieczyszczeń pobranych do celów chłodzenia.

Zasolone wody kopalniane to wody odprowadzane do rzek w procesie odwadniania kopalni. Szacuje się, że w Polsce w ciągu doby trafia do Wisły i Odry 6000 ton takich zasolonych i zanieczyszczonych wód. Zanieczyszczają one środowisko wodne, zmieniając właściwości fizykochemiczne wody i warunki rozwoju flory i fauny rzecznej.

Metale ciężkie to kolejny rodzaj substancji toksycznych zatruwających wody. Mogą one kumulować się w osadach dennych i wchodząc w łańcuchy troficzne wywoływać groźne skutki w biocenozie, w tym również dla zdrowia ludzkiego. Są one bardzo toksyczne (rtęć, kadm, ołów) albo należą do mikroelementów (cyna, miedź, magnez), których zarówno nadmiar jak i niedomiar działają szkodliwie na rozwój zwierząt i roślin. Nawet zawartość w wodzie do picia nadmiaru metali potrzebnych do życia np. żelaza może wpływać ujemnie na zdrowie człowieka. Najpoważniejszym źródłem zanieczyszczeń wód powierzchniowych metalami są ścieki przemysłowe, które spływają z hałd hutniczych i z zakładów wzbogacania rud metali kolorowych. Źródłem metali w wodzie może być również ługowanie obumarłych roślin zawierających skumulowane metale (np. mangan) oraz korozja.

Polichloropochodne bifenylu (PCB) - kolejne źródło skażeń wód - są związkami trudno rozpuszczalnymi w wodzie, bardzo trwałymi i nie ulegającymi biodegradacji. Stanowią one dodatek do farb i lakierów, plastyfikatory do tworzyw sztucznych oraz środki konserwujące i impregnujące drewno. Wyciekają zazwyczaj na glebę, z tym że wody powierzchniowe mogą przenosić je do mórz i oceanów, a przez nie na cały ekosystem Ziemi. Drogą łańcuchów troficznych PCB mogą gromadzić się w mięśniach i tkance tłuszczowej ssaków a więc i w tkankach człowieka. Ich obecność w tkankach, jak się podejrzewa, może być przyczyną chorób nowotworowych. Ponieważ związki PCB są trudne do usuwania i unieszkodliwiania, poszukiwane są środki zastępcze o podobnych

walorach technologicznych, a Światowa Organizacja Zdrowia proponuje wprowadzenie zakazu ich używania.

Spośród substancji organicznych pochodzenia przemysłowego skażających wody na szczególną uwagę zasługują detergenty, fenol oraz ropa naftowa i produkty ropopochodne. Detergenty są syntetycznymi związkami powierzchniowo - czynnymi wchodzącymi w skład związków piorących czyli tenzydów Po przedostaniu się do wody upośledzają metabolizm wielu organizmów wodnych. Fenole są spotykane w wodach naturalnych, gdzie powstają z biologicznego rozkładu roślin, garbników i substancji humusowych dna zbiorników. Duża ilość fenoli przedostaje się do wód ze ściekami komunalnymi i przemysłowymi (gazownie, koksownie, rafinerie ropy naftowej, fabryki barwników azotowych), ze ściekami przemysłu garbarskiego i zakładów obróbki drewna. W wodzie fenole ulegają biodegradacji bardzo powoli. Wywołują nieprzyjemny smak i zapach wody w przypadkach gdy w wodzie znajduje się chlor. Jego przyczyna jest związana z powstawaniem chloropochodnych fenoli oraz chinonów. Usuwanie nieprzyjemnego zapachu i smaku spowodowanego chlorofenolami i chinonami stwarza dodatkowe problemy w uzdatnianiu wody do picia.

Ropa naftowa i jej pochodne przedostaje się do wód z szybów wydobywczych, rafinerii, warsztatów naprawczych taboru, zakładów ciepłowniczych, a bezpośrednio do wód morskich także przy przeładunku, pracach przeglądowych i konserwacyjnych na statkach oraz w wyniku katastrof platform wiertniczych i tankowców. Substancje te rozprzestrzeniają się na powierzchni wody (1 tona pokrywa 10 km^2 zwierciadła wody) całkowicie uniemożliwiając wymianę gazową między wodą i atmosferą. Jedyny naturalny mechanizm likwidowania tych substancji polega na rozkładaniu ich przez niektóre, wyspecjalizowane w tym bakterie, przy ogromnym zużyciu tlenu , którego dopływ z zewnątrz jest jednak odcięty. W każdym przypadku ropa naftowa i jej pochodne pozostają w wodzie przez długi czas, tak że nawet jednorazowe zanieczyszczenie nimi wody pozostawia długotrwałe skutki dla biocenozy i dla gospodarczego wykorzystania

wody. Duże stężenia produktów naftowych w wodzie są zabójcze dla bezpośrednio stykających się z nimi organizmów. Nieznaczne stężenia powodują odrażającą woń wody i odławianych z niej ryb, w których tkankach następuje kumulacja tych substancji.

Ścieki rolnicze dostarczają do wód głównie nawozy sztuczne, pestycydy i gnojownicę.

Nawozy sztuczne znalazły szczególnie duże zastosowanie w drugiej połowie XX wieku. Ilustrują to dane o ich użyciu na przestrzeni lat. Tak np. zużycie nawozów sztucznych na głowę mieszkańca Ziemi wzrosło z 5 kg w 1959 r do 26 kg w 1984 r. W latach 80 - tych zużywano średnio na świecie 86 kg nawozów na hektar. Oczywiście różnie to wygląda w różnych krajach: od 5 kg w ubogich krajach afrykańskich do prawie 3750 kg na skromnych rozmiarem terenach uprawowych Islandii. Używane nawozy w postaci tzw. zmywów rolniczych przenikają do wód gruntowych, a tym samym do wielu źródeł wody pitnej. A Kalinowska podaje, że badania z 1984 r przeprowadzone w USA przez Agencję Ochrony Środowiska wykazały, że w 1/5 badanych studni poziom azotanów przekraczał obowiązującą normę, a w prawie 10% studni był poza wszelkimi normami. W Polsce ten problem występuje równie ostro, dotyczy bowiem 66% ogółu studni. Trzeba przy tym wielu lat aby azotany przeniknęły do wód gruntowych. Mamy więc do czynienia z bombą o opóźnionym zapłonie. Nawet po zaprzestaniu nawożenia azotany wciąż będą docierały do wody pitnej, czerpanej z wód gruntowych. Także spływ powierzchniowy z pól dostarcza związków azotowych i fosforu do wód otwartych, powodując niepożądane zakwity glonów.

Pestycydy stanowią jedno z większych zagrożeń dla środowiska generowanych przez rolnictwo. Ich zużycie na świecie wzrosło w ciągu ostatnich 30 lat ponad 30-krotnie. Pestycydy to ogólna nazwa dla różnorodnych związków chemicznych, które (teoretycznie) mało szkodliwe dla człowieka i zwierząt

domowych powinny być zabójcze dla wszystkiego co ogranicza (współkonsumuje) plony roślin uprawianych przez człowieka. Przeznaczone są do zwalczania owadów (insektycydy), grzybów (fungicydy), ślimaków (moluskocydy), gryzoni (rodentycydy), nicieni (nomocydy), chwastów (herbicydy). Do pestycydów zalicza się też środki powodujące opadanie liści (defolianty), usychanie roślin (desykanty, arborycydy), odstraszanie szkodników (repelenty), nęcenie owadów, gryzoni i innych szkodników (atrakanty) oraz konserwowanie drewna (konserwanty). Prawdziwą rewolucję w zwalczaniu owadów wywołało zastosowanie, w latach 30-tych, związku z grupy węglowodorów chlorowanych, zwanego DDT. Po latach zachwytu nad trwałym i jak się zdawało nietoksycznym związkiem okazało się, że ma on istotne wady, które spowodowały wycofanie tego związku z obrotu handlowego. Ustalono, że rozprzestrzenia się on daleko od miejsc zastosowania. Zaczęto go nawet znajdować w morzach okalających Antarktydę i Arktykę. Przeprowadzone badania wykazały, że ogromną rolę w rozprzestrzenianiu się pestycydów odgrywa transport powietrzny. Chmury rozpylonych środków, często zanim jeszcze opadną na ziemię, są porywane w górę i z prądami powietrza wędrują wokół kuli ziemskiej docierając w okolice podbiegunowe.

Pestycydy, zwłaszcza z grupy polichlorowanych węglowodorów, dzięki powinowactwu ze związkami tłuszczowymi, gromadzą się w organizmach w wielokrotnie większej koncentracji niż w wodzie czy glebie. Zjawisko to nazywa się biomagnifikacją. Biologiczne „zagęszczenie" pestycydów w łańcuchu pokarmowym zależy od obecności pestycydów pobranych z wodą i jedzeniem a potem od wewnętrznych procesów metabolicznych różnych organizmów. Nawet bakterie wodne koncentrują pestycydy zależnie od ich rozpuszczalności w wodzie. Ryby, co ważne, mogą mieć współczynnik koncentracji nawet powyżej 50 000. Efekty tego mogą być groźne, wiele bowiem gatunków ryb ulega zatruciu. Także ptaki i ssaki koncentrują pestycydy w swoich tkankach. DDT przenikał do organizmu człowieka zarówno z pokarmem zwierzęcym jak i

roślinnym, pewne ilości DDT przedostawały się też do wnętrza roślin. Na początku lat 70-tych, w okresie największego stosowania DDT, jego koncentracja w tkance tłuszczowej statystycznego Polaka wynosiła 13,4 mg/kg masy ciała, a niekiedy dochodziła do 35,4 mg. Należy nadmienić, że raz wprowadzone pestycydy nie stanowią trwałego zabezpieczenia . Owady, grzyby lub bakterie po pewnym czasie uodparniają się na stosowany pestycyd. Stąd też w miarę uodporniania się owadów stosuje się coraz większe dawki pestycydów i coraz nowe ich rodzaje, zwiększając jeszcze bardziej zagrożenie środowiska. Znaczne mniejsze możliwości uodpornienia mają zwykłe organizmy drapieżne (pająki, biedronki), stąd pierwsze ulegają zagładzie uwalniając roślinożerne owady spod swojej kontroli. Na polu walki pozostają uodpornione na pestycydy owady, pozbawione swoich naturalnych wrogów. Na uwagę zasługuje te fakt, że w wyniku oddziaływania pestycydów giną mikroorganizmy glebowe. W rezultacie powstają tzw. martwe gleby, w których ustają procesy mikrobiologiczne potrzebne do utrzymania żyzności gleby.

Substancje chemiczne przenoszone przez powietrze skażające wody to gazy powodujące tzw. „kwaśne deszcze", toksyny i metale ciężkie.

Dwutlenek siarki i tlenki azotu, w obecności kropelek wody zawartych w atmosferze, tworzą kwasy siarkowy i azotowy. Kiedy następnie pada deszcz lub śnieg zanieczyszczenia spadają na ziemię i roślinność oraz do wód powierzchniowych. W jeziorach, w rezultacie opadów „kwaśnego deszczu", rośnie kwasowość wody. W zakwaszonej wodzie rozwój wielu gatunków roślin i zwierząt nie jest możliwy. Ustalono, że przy pH 5,4 reprodukcja wszystkich gatunków ryb ustaje[18]. Zakwaszenie wody nie jest jedynym powodem, dla którego chorują i giną rośliny i zwierzęta. W kwaśnym środowisku zwiększa się stężenie niezwykle trujących dla wielu organizmów jonów aluminium. Wymieranie ryb w kwaśnych jeziorach jest łącznym skutkiem obniżonej wartości pH i zatrucia

---

[18] Zob. Zakrzewski S., Podstawy toksykologii środowiska, wyd. PWN Warszawa 1995 str. 162

przez aluminium. W zakwaszonym jeziorze zwiększa się również zawartość innych metali takich jak kadm, cynk i ołów. Są one wówczas w większym stopniu pochłaniane przez zwierzęta i rośliny. Zarówno aluminium jak i inne metale dostają się do jezior z otaczających je zakwaszonych lasów i pól. Zanikanie ryb powoduje, że owady którymi żywią się ryby, stają się liczniejsze. Fauna jeziora zostaje zdominowana przez owady. Zakwaszone jeziora nie są więc martwe, ale warunki biologiczne są w nich poważnie zmienione.

Metale ciężkie mogą przedostawać się do wód, drogą powietrzną, w tych przypadkach gdy źródła ich emisji są rozmieszczone w odległości kilku kilometrów. W warunkach naszego kraju tą drogą do wód mogą przedostawać się takie metale jak: miedź, cynk i ołów. Mechanizmy zatrucia są identyczne jak w przypadku przedostawania się ich do wód wraz ze ściekami.

Wysypiska odpadów komunalno - bytowych i zwałowiska odpadów przemysłowych to kolejne istotne źródło skażeń chemicznych środowiska. Substancje chemiczne gromadzone na wysypiskach mogą przedostawać się do wód gruntowych, a stamtąd do rzek i jezior. Takie sytuacje mogą mieć miejsce gdy składowiska odpadów nie są odpowiednio zabezpieczone. Skażenia mogą być bardzo różnorodne w zależności od rodzaju zgromadzonych chemikalii.

2.3. Skutki skażeń chemicznych wód

W rezultacie skażenia wód substancjami chemicznymi pogarsza się ich jakość co w konsekwencji prowadzi do ich degradacji i dewastacji. Problem dotyczy wód płynących, jezior, wód Morza Bałtyckiego i wód podziemnych.

Pomiary i oceny jakości wód w rzekach, według ujednoliconej metodyki są prowadzone w Polsce od 1964 roku. Wyniki tych badań przedstawiono w tabeli 19.

Z danych w niej zamieszczonych wynika, że w latach 1964 - 1989 udział długości rzek kontrolowanych pomiarami - zaliczanych do I klasy czystości

zmniejszył się z 31,6% do 3,4% ich ogólnej długości czyli prawie siedmiokrotnie, a udział wód pozaklasowych wzrósł z 28,8 do 77,6%, co stanowi ponad 3/4 ich długości objętych pomiarami. Od 1984 r dokonuje się oceny jakości wód rzecznych również przy użyciu kryterium biologicznego. Według tego kryterium wyniki oceny jakości wód powierzchniowych są znacznie gorsze niż przy zastosowaniu kryterium fizykochemicznego. Na przykład w 1989 roku udział odcinków rzek zakwalifikowanych do I klasy czystości wynosił według kryterium fizykochemicznego 3,4%, natomiast według kryterium biologicznego zaledwie 0,5%.

Tabela 19

Stan czystości rzek w latach 1964 - 1990

Wyszczególnienie (w latach 1964-1983 ocena opiera się na kryterium fizykochemicznym)	Długość klasyfikowanych odcinków (w km)	Wody o klasie czystości			Wody nadmiernie zanieczyszczone
		I	II	III	
		w % długości klasyfikowanych odcinków			
1964 - 1967	11493	31,6	25,6	14,0	28,8
1968 - 1970	12506	24,8	29,2	17,6	28,4
1971 - 1973	12704	23,4	32,2	18,0	26,4
1974 - 1977	17764	9,6	30,7	26,7	33,0
1978 - 1983	16238	6,8	27,8	29,0	36,4
1984 - 1988					
kryteria fizykochemiczne	17581	4,8	30,3	27,8	37,1
kryteria biologiczne	16469	0,0	3,9	20,3	75,8
1989					
kryteria fizykochemiczne	13923	3,4	28,7	28,1	39,8
kryteria biologiczne	12829	0,5	4,2	17,7	77,6
1990 ocena ogólna według kryterium fizykochemicznego i biologicznego	8702	0,4	7,6	16,6	75,4

Źródło: Prandecka B., Interdyscyplinarne podstawy ochrony środowiska przyrodniczego, Wydawnictwo Zakład Narodowy im. Ossolińskich, Wrocław 1993 str. 154

Stan czystości wód rzecznych w Polsce również w latach 90-tych niewiele się poprawił. Ilustrują to dane zawarte w tabeli 20 i na rysunku 19. Rysunek 20

Tabela 20

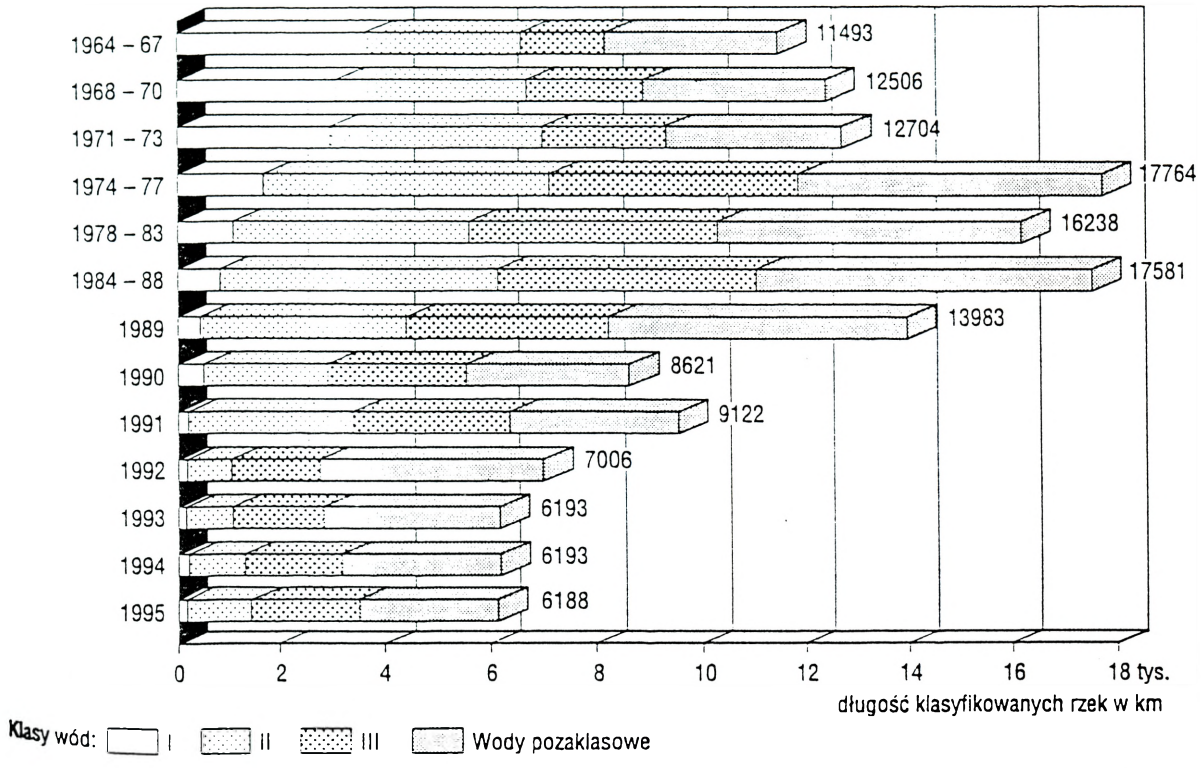
Stan czystości rzek objętych kontrolą monitoringu podstawowego[a)]

w latach 1990-1995

LATA	Długość odcinków objętych kontrolą	Kryterium fizykochemiczne				Kryterium biologiczne			
		wody o klasie czystości			wody nadmiernie zanieczyszczone	wody o klasie czystości			wody nadmiernie zanieczyszczone
		I	II	III		I	II	III	
		w % długości kontrolowanych odcinków							
OGÓŁEM									
1990	8620,9 [b)]	6,0	27,9	30,3	35,8	-	3,0	16,8	80,2
1991	9121,9	2,3	32,7	30,0	35,0	-	3,7	18,4	77,9
1992	7005,6	2,4	12,8	24,8	60,0	-	1,6	10,4	88,0
1993	6193,1	2,7	15,2	28,1	54,0	-	1,8	9,7	88,5
1994	6193,1	3,3	18,1	30,2	48,4	-	2,0	6,8	91,2
1995	6188,1	2,9	20,3	33,8	43,0	0,0	3,1	11,8	85,1
DORZECZE WISŁY									
1990	5280,9 [c)]	7,6	33,2	25,2	34,0	-	4,7	21,0	74,3
1991	5247,4	2,5	33,2	26,1	38,2	-	5,6	26,3	68,1
1992	4026,8	3,7	17,3	27,3	51,7	-	2,7	15,3	82,0
1993	3403,2	4,3	19,3	28,1	48,3	-	3,4	15,5	81,1
1994	3403,2	6,0	24,4	31,1	38,5	-	3,7	10,7	85,6
1995	3398,2	4,5	23,3	35,2	37,1	0,0	3,9	20,8	75,3
DORZECZE ODRY									
1990	3167,3 [d)]	2,1	18,4	38,9	40,6	-	0,1	8,8	91,1
1991	3445,0	1,2	26,7	37,6	34,5	-	0,6	4,6	94,8
1992	2978,8	0,6	6,7	21,5	71,2	-	-	3,7	96,3
1993	2789,9	0,6	10,2	28,2	61,0	-	-	2,5	97,5
1994	2789,9	-	10,3	29,2	60,5	-	0,1	1,9	98,0
1995	2789,9	0,9	16,8	32,1	50,2	0,1	2,2	0,7	97,0
RZEKI PRZYMORZA									
1990	172,7	82,0	43,6	28,4	-	-	-	46,4	53,6
1991	429,5	7,5	74,7	16,8	1,0	-	4,7	32,9	62,4
1992	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1993	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1994	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1995	-	-	-	-	-	-	-	-	-

a) Dotyczy rzek o szczególnym znaczeniu gospodarczym,
b - d) Według kryterium biologicznego: b - 8208,1 km, c - 5061 km, d - 2973,6 km.
Źródło: dane Państwowej Inspekcji Ochrony Środowiska.
Uwaga: Dane o stanie czystości rzek w latach 1990-1992 nie są ze sobą bezpośrednio porównywalne ze względu na różne długości odcinków rzek pod kontrolą. Bezpośrednio porównywalne dane obejmują lata 1993-1995.

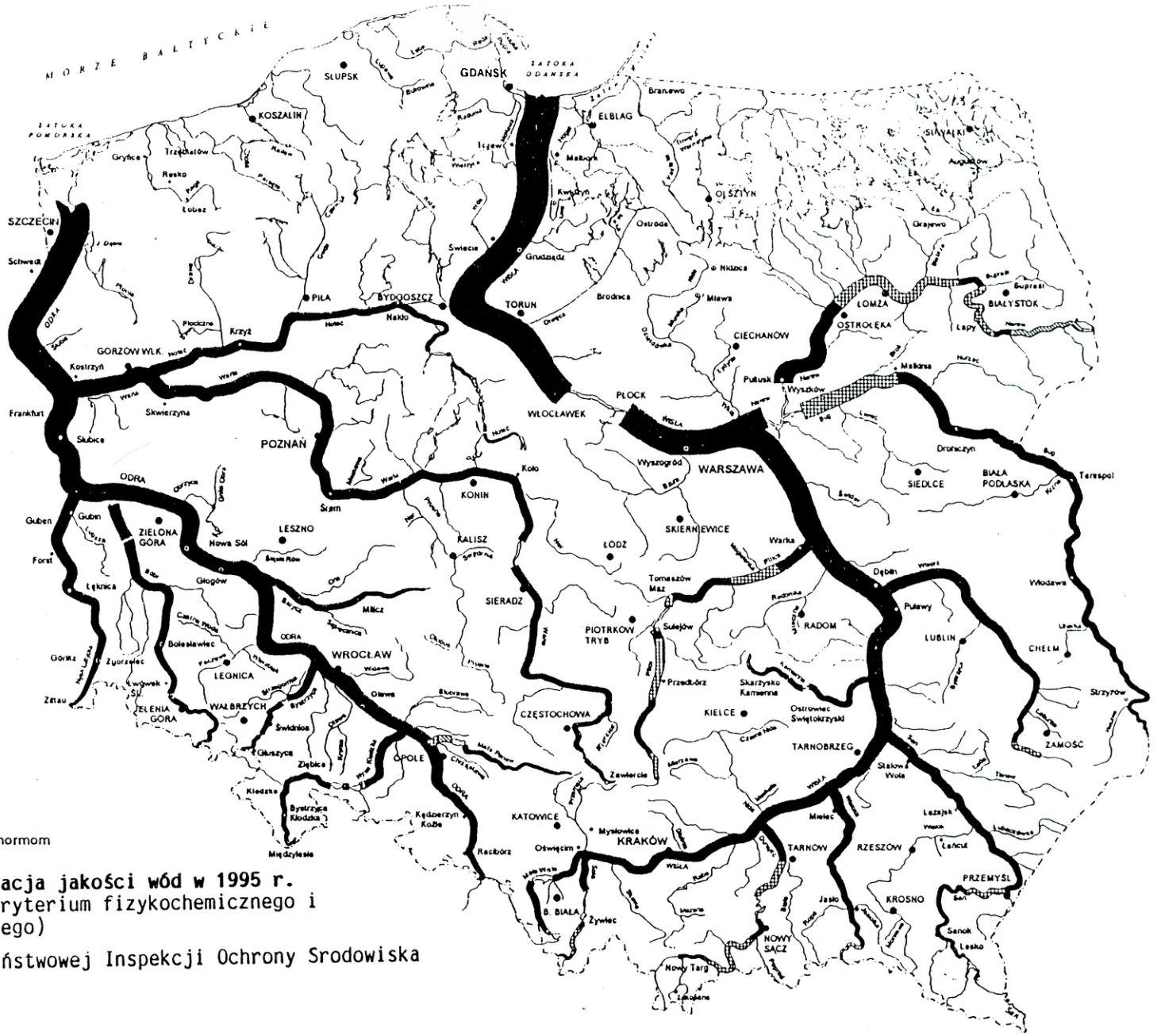
przedstawia zaś ujęcie kartograficzne stanu jakości wód rzecznych w Polsce w 1995 roku.



Rysunek 19 Jakość wód płynących kontrolowanych według kryterium fizyko-chemicznego w latach 1964 - 1995
Źródło: dane Państwowej Inspekcji Ochrony Środowiska

Przedstawiony w tabeli 20 stan czystości polskich rzek byłby jeszcze gorszy, gdyby za kryterium klasyfikacji przyjąć ilość wody, a nie długości odcinków rzek. Wiadomo bowiem, że najbardziej czyste są górne odcinki rzek o stosunkowo małych przepływach, a najbardziej zanieczyszczone środkowe i dolne biegi bardziej zasobne w wodę.

Wody płynące mają właściwości rozcieńczania, absorbowania i neutralizowania większości zanieczyszczeń. Koniecznym czynnikiem biologicznego rozkładu zanieczyszczeń organicznych jest tlen rozpuszczony w wodzie i uzupełniany z atmosfery. Szybkość przenikania tlenu z atmosfery zależy głównie od szybkości prądu rzeki, a zatem proces rozkładu przebiega lepiej w rzece o



KLASY CZYSTOŚCI WÓD

I

II

III

wody nie odpowiadające normom

Rysunek 20 Ogólna klasyfikacja jakości wód w 1995 r. (na podstawie kryterium fizykochemicznego i bakteriologicznego)

Źródło: dane Państwowej Inspekcji Ochrony Srodowiska

bystrym prądzie. Przy dużym obciążeniu rzek ściekami organicznymi i silnym deficycie tlenu, zwalnia się wydatnie proces rozkładu, wydłuża się zatem strefa rozkładu związków organicznych. Po jej zakończeniu zaczynają się rozwijać w następnej strefie organizmy autotroficzne, które wykorzystują zmineralizowane związki azotu i fosforu, zmniejszając tym samym ich koncentrację w wodzie. Ten proces rozkładu substancji organicznej i eliminacji mineralnych związków pokarmowych jest określony mianem „samooczyszczania się wody". Metale ciężkie i pestycydy oraz substancje ropopochodne znacznie utrudniają przebieg tego procesu.

Jeziora są zanieczyszczone podobnie jak wody płynące. Wynika to jednoznacznie z badań przeprowadzonych w latach 1974 - 1994. Ich rezultaty są przedstawione w tabelach 21 i 22.

Tabela 21

Ocena podatności na degradację jezior badanych w latach 1974-1994

LATA	Liczba jezior badanych	Kategoria podatności jezior na degradację			
		I	II	III	poza kategorią
1974 - 1978	91	17	47	15	12
1979 - 1983	139	7	56	51	25
1984 - 1988	160	7	67	52	34
1989 - 1990	104	12	40	35	17
1991	97	5	33	35	24
1992	107	3	38	38	28
1993	127	10	46	46	25
1994	118	8	38	41	31
w odsetkach					
1974 - 1978	100,0	18,7	51,6	16,5	13,2
1979 - 1983	100,0	5,0	40,3	36,7	18,0
1984 - 1988	100,0	4,4	41,9	32,5	21,2
1989 - 1990	100,0	11,5	38,5	33,7	16,3
1991	100,0	5,2	34,0	36,1	24,7
1992	100,0	2,8	35,5	35,5	26,2
1993	100,0	7,9	36,2	36,2	19,7
1994	100,0	6,8	32,2	34,7	26,3

Źródło: dane Państwowej Inspekcji Ochrony Środowiska.

Tabela 22

Stan czystości jezior[a] badanych w latach 1974-1994

LATA a - liczba jezior badanych b - objętość jezior badanych w hm^3		Ogółem	Wody o klasie czystości						Wody poza klasą
			I	I/II[b]	II	II/III[b]	III	III/poza klasą[b]	
1974 - 1978	a	85	15	3	25	2	28	-	12
	b	5061,2	1826,9	248,7	1549,1	22,1	1091,9	-	322,5
1979 - 1983	a	136	2	-	43	7	42	1	41
	b	2837,7	51,1	-	757,1	277,8	765,7	62,9	923,1
1984 - 1988	a	160	4	-	63	2	45	1	45
	b	4562,7	47,5	-	2556,7	77,8	738,7	248,4	893,6
1989 - 1990	a	104	5	-	39	-	39	-	21
	b	3784,4	316,1	-	2091,5	-	934,8	-	442,0
1991	a	118	4	-	52	-	39	-	23
	b	1786,0	146,4	-	625,2	-	921,5	-	92,9
1992	a	108	2	-	34	-	52	-	20
	b	1386,9	14,1	-	284,5	-	1021,3	-	67,0
1993	a	129	4	-	50	-	50	-	25
	b	3388,7	341,9	-	2453,4	-	483,0	-	110,4
1994	a	120	-	-	32	-	50	-	38
	b	2315,1	-	-	625,0	-	1381,5	-	308,6
w odsetkach									
1974 - 1978	a	100,0	17,7	3,5	29,4	2,4	32,9	-	14,1
	b	100,0	36,1	4,9	30,6	0,4	21,6	-	6,4
1979 - 1983	a	100,0	1,5	-	31,6	5,2	30,9	0,7	30,1
	b	100,0	1,8	-	26,7	9,8	27,0	2,2	32,5
1984 - 1988	a	100,0	2,5	-	39,4	1,3	28,1	0,6	28,1
	b	100,0	1,0	-	56,0	1,7	16,2	5,5	19,6
1989 - 1990	a	100,0	4,8	-	37,5	-	37,5	-	20,2
	b	100,0	8,3	-	55,3	-	24,7	-	11,7
1991	a	100,0	3,4	-	44,1	-	33,0	-	19,5
	b	100,0	8,2	-	35,0	-	51,6	-	5,2
1992	a	100,0	1,9	-	31,5	-	48,1	-	18,5
	b	100,0	1,0	-	20,5	-	73,7	-	4,8
1993	a	100,0	3,1	-	38,8	-	38,8	-	19,3
	b	100,0	10,1	-	72,4	-	14,3	-	3,2
1994	a	100,0	-	-	26,7	-	41,7	-	31,6
	b	100,0	-	-	27,0	-	59,7	-	13,3

a) Określony według systemu oceny jakości jezior
b) Dotyczy jezior o dwóch klasach czystości wód w różnych częściach jeziora.

Skażenie jezior jest spowodowane głównie przez niekontrolowane spływy różnych substancji chemicznych spłukiwanych przez deszcz. W wyniku dopływu substancji biogennych (fosforu, azotu i węgla) następuje eutrofizacja wód. Proces ten charakteryzuje się nadmiernym rozwojem glonów planktonowych, co z kolei powoduje wyczerpanie się zasobów tlenu w wodzie, a w konsekwencji zamieranie życia w wodzie. Procesy eutrofizacji mogą być intensyfikowane

przez dopływy ścieków z dużą zawartością substancji organicznych (np. z mleczarni) oraz używanych dość powszechnie detergentów. Te ostatnie hamują procesy samooczyszczania się wody przez wytwarzanie piany na jej powierzchni oraz działają toksycznie na organizmy żywe. Niebezpieczeństwo skażenia jezior wynika również ze spływu do nich środków ochrony roślin, które jako trwałe związki chemiczne pozostają w wodzie przez długi czas w formie toksycznej. Acydotrofizacja jezior z kolei powoduje obniżenie odczynu pH. Przy spadku pH poniżej 6 ginie większość zwierząt bezkręgowych oraz ryb. Po spadku pH poniżej 4,5 ginie już większość organizmów wodnych.

Wody podziemne mogą być zanieczyszczone:

- bezpośrednio przez wlewanie ścieków do studni lub otworów wiertniczych oraz przez kontakt z odpowiednimi składnikami na poziomie zwierciadła wód podziemnych lub nawet poniżej niego;
- bezpośrednio przez kontakt wód podziemnych z zanieczyszczonymi wodami powierzchniowymi, wodami glebowymi i strefą aeracji.

Bardzo istotną rolę w przemieszczaniu się zanieczyszczeń odgrywają roboty górnicze, budowlane, a także wiercenia. Przyczyniają się one do powstawania połączeń pomiędzy wodami powierzchniowymi a podziemnymi, często oddzielonymi od siebie warstwami izolacyjnymi. Zagrożenie wód pitnych występuje przede wszystkim w miejscowościach, gdzie ludność jest zaopatrywana w wody ze studni. Zgodnie z informacjami inspekcji sanitarnej, ocenia się, że tylko 20% studni przydomowych jest prawidłowo usytuowanych i posiada dobrą wodę.

Przedstawiony wyżej zły stan czystości zasobów wodnych pociąga za sobą wiele strat ekonomicznych i społecznych. Straty o charakterze ekonomicznym mogą być wymierne lub trudno wymierne w jednostkach pieniężnych. Natomiast straty o charakterze społecznym są z reguły niewymierne.

Do strat ekonomicznych wymiernych, spowodowanych zanieczyszczeniami zasobów wodnych, zalicza się[19]:

- dodatkowe koszty uzdatniania nadmiernie zanieczyszczonych wód powierzchniowych ujmowanych przez zakłady komunalne i przemysłowe;
- koszty budowy ujęć i przerzutów wody czystej w przypadku gdy lokalne zasoby wodne ze względu na ich nadmierne zanieczyszczenie nie nadają się do ich gospodarczego wykorzystania;
- straty powstające na skutek zanieczyszczenia i zaniku rybostanu;
- straty surowców odprowadzanych ze ściekami.

Do strat ekonomicznych trudno wymiernych można zaliczyć:

- straty z tytułu pogorszenia jakości wyrobów przemysłowych na skutek wykorzystania w procesach produkcyjnych wód nadmiernie zanieczyszczonych;
- straty z tytułu przyspieszonej korozji budowli wodnych i różnego rodzaju urządzeń stykających się z zanieczyszczoną wodą jak np. kotły, rury, pompy;
- utratą zdolności wód do samooczyszczania.

Trzecią grupę strat stanowią straty społeczne w zakresie:

- pogorszenia zdrowia ludności zaopatrywanej w wodę złej jakości;
- braku możliwości wykorzystania zanieczyszczonych zasobów wodnych w celach rekreacyjnych i sportowych;
- degradacji środowiska i krajobrazu;
- pogorszenia ogólnych warunków higieniczno - sanitarnych w zasięgu oddziaływania zanieczyszczonych wód.

Złożoność mechanizmu skutków zanieczyszczenia zasobów wodnych oraz trudności występujące przy bezpośrednim i dokładnym ich ustalaniu decydują o szacunkowym charakterze rachunku strat.

---

[19] Zob. Symonowicz A., Użytkowanie i ochrona środowiska, wyd. SGPIS Warszawa 1988

2.4. Monitoring skażeń chemicznych i innych zanieczyszczeń wód powierzchniowych i osadów wodnych

Monitoring jakości wód powierzchniowych jest to system pomiarów, analiz i ocen stanu wód powierzchniowych płynących, wód powierzchniowych stojących i Bałtyku. Polega on na pozyskiwaniu, gromadzeniu i przetwarzaniu danych o zasobach wód powierzchniowych oraz o przyczynach i stopniu zanieczyszczenia tych wód.

Celem monitoringu wód powierzchniowych jest wspomaganie procesów zarządzania gospodarką zasobami wodnymi a także ich ochroną.

Do podstawowych zadań monitoringu wód powierzchniowych należy:

- dostarczanie danych o stanie czystości wód powierzchniowych;
- dostarczanie danych umożliwiających analizowanie procesów hydrogeochemicznych zachodzących w zlewniach i pozwalających na podejmowanie racjonalnych decyzji związanych z użytkowaniem wód w zlewni;
- realizacja międzynarodowych zobowiązań Polski wynikających z podpisanych umów i konwencji.

Struktura monitoringu wód powierzchniowych uwzględnia powiązania z:

- układem zlewniowym (Regionalne Zarządy Gospodarki Wodnej);
- układem administracyjnym (Wydziały Ochrony Środowiska Urzędów Wojewódzkich oraz Wojewódzkie Inspektoraty Ochrony Środowiska).

W ramach monitoringu zanieczyszczeń wód powierzchniowych i osadów wodnych funkcjonuje:

- monitoring zanieczyszczeń rzek;
- monitoring zanieczyszczeń jezior i zbiorników zaporowych;
- monitoring Bałtyku.

Monitoring zanieczyszczeń rzek obejmuje sieć krajową i sieci regionalne. Sieć krajowa obejmuje przekroje kontrolno - pomiarowe:

- reperowe (tworzące sieć reperową monitoringu rzek);
- podstawowe (tworzące sieć podstawową monitoringu rzek);
- graniczne (tworzące sieć graniczną monitoringu rzek).

Główne zadania sieci reperowej to:

- dostarczanie danych do bilansu zanieczyszczeń odprowadzanymi głównymi rzekami Polski do Bałtyku;
- dostarczanie danych o jakości głównych rzek Polski;
- dostarczanie danych do weryfikacji modelu prognozowania zmian jakości wód.

Sieć reperowa obejmuje 20 przekrojów kontrolno - pomiarowych. Pięć z nich znajduje się w zlewni Wisły, pięć w zlewni Odry, dziesięć na rzekach Pomorza. Badania są prowadzone jeden lub dwa razy w tygodniu i oznaczane są 44 parametry jakości wody według PN.

Wyniki badań uzyskiwanych w sieci reperowej są bazą do opracowania komunikatów miesięcznych o jakości wód rzecznych Polski. Miesięczna ocena jakości wód wykonywana jest metodą bezpośrednią, w której każdą wartość parametru porównuje się z wielkościami norm dla poszczególnych klas czystości.

Sieć podstawowa obejmuje 360 przekrojów kontrolno pomiarowych zlokalizowanych na rzekach ważnych, z gospodarczego punktu widzenia.

Główne zadania sieci podstawowej to:

- dostarczanie danych o stanie czystości rzek Polski będących podstawą opracowania corocznej oceny stanu czystości wód;
- dostarczanie danych umożliwiających analizowanie procesów hydrogeochemicznych zachodzących w zlewniach rzek i pozwalających na podejmowanie racjonalnych decyzji związanych z użytkowaniem wód w zlewni.

Badania są prowadzone jeden lub dwa razy w miesiącu. Oznaczane są 23 parametry jakości wód według PN. Wyniki badań uzyskiwane w sieci podstawowej są podstawą do opracowywania rocznych raportów o stanie czystości wód rzecznych. Ocenę wykonuje się metodą stężeń miarodajnych oraz metodą statystyczną.

Sieć graniczna obejmuje przekroje kontrolno pomiarowe uzgodnione z partnerami na podstawie dwustronnych umów o współpracy na wodach granicznych. Lokalizacja przekrojów, programy pomiarowe, harmonogramy badań oraz tryb przekazywania wyników uzgadniane są dwustronnie i określane w szczegółowych porozumieniach.

Badania jakości wód w sieci krajowej monitoringu rzek wykonują Wojewódzkie Inspektoraty Ochrony Środowiska. Wyniki badań są przesyłane do Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej we Wrocławiu, gdzie opracowywane są raporty i komunikaty o stanie czystości wód rzecznych.

Sieci regionalne monitoringu rzek dostarczają informacji pozwalającej na ocenę jakości wód płynących na obszarze RZGW lub województw[20] umożliwiając na tej podstawie podejmowanie właściwych decyzji gospodarczych.

Monitoring zanieczyszczeń jezior i zbiorników zaporowych obejmuje sieć krajową i sieci regionalne. Sieć krajowa monitoringu zanieczyszczeń obejmuje sieć reperową i podstawową.

Celem monitoringu reperowego jest identyfikacja zanieczyszczeń wód jeziorowych i ustalenie głównych dróg transportu. Ważnym elementem monitoringu reperowego jest powiązanie danych o jakości z danymi o ilości wody będącej w obiegu. Sieć reperowa monitoringu jezior obejmuje 33 jeziora w małym stopniu narażone na oddziaływanie czynników antropogennych. Analizy jakości wód jeziornych i zasilających je cieków przeprowadza się 2 - 4 razy w

---

[20] Obecne sieci regionalne funkcjonują w oparciu o programy wojewódzkie. Sieć ponadwojewódzka tworzona jest w zlewni Górnej Wisły (w ramach programu finansowanego przez Bank Światowy)

roku. Latem wykonywane są profile termiczno - tlenowe jeziora. Badania obejmują 19 wskaźników czystości. Nadzór merytoryczny nad pracami sprawuje IMGW Oddział w Poznaniu.

Sieć podstawowa monitoringu jezior obejmuje wszystkie jeziora o powierzchni większej niż 50 ha (razem 1032 jeziora) oraz pewną ilość jezior mniejszych lecz ważnych ze względów gospodarczych lub przyrodniczych. Wyboru jezior do badania w danym roku dokonują władze terenowe. Do celów monitoringu podstawowego przyjmuje się powtarzalność cykli badawczych co 5 lat w stosunku do wszystkich wytypowanych jezior. Badania prowadzone są wiosną i latem. Uwzględniają one 14 wskaźników podstawowych oraz 9 dodatkowych. W przypadku wykrycia zdecydowanie niekorzystnych zmian wód jeziornych władze terenowe opracowują specjalny program ochrony obiektu. Badania jezior w systemie monitoringu podstawowego prowadzą odpowiednie wojewódzkie inspektoraty ochrony środowiska zgodnie z wytycznymi Zakładu Użytkowania Wód Instytutu Ochrony Środowiska. Instytut pełni merytoryczny nadzór nad badaniami, opracowuje roczne raporty o stanie czystości jezior oraz atlasy stanu czystości jezior wydawane w cyklach 5 - letnich.

Monitoring osadów wodnych skorelowany jest przestrzennie z monitoringiem rzek, jezior i zbiorników zaporowych. Celem badań osadów wodnych rzek i jezior jest oznaczenie w nich zawartości metali ciężkich. Osady wodne są bowiem dobrym wskaźnikiem zanieczyszczenia środowiska wodnego metalami ciężkimi, gdyż te ostatnie łatwo ulegają akumulacji w osadach.

Krajowa sieć pomiarowa monitoringu osadów wodnych obejmuje:

- punkty zlokalizowane przy ujściach rzek o długości większej niż 60 km oraz wszystkich rzek prowadzących wody pozaklasowe;
- punkty rozmieszczone równomiernie wzdłuż biegu rzek dłuższych niż 100 km;

- punkty zlokalizowane na granicy państwa na rzekach wpływających lub wypływających na terytorium Polski;
- punkty zlokalizowane na jeziorach w sieci podstawowej.

Badania osadów wodnych obejmują oznaczanie stężeń następujących pierwiastków: As, Ba, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, Mn, Mg, Ni, P, Pb, Sr, Zn oraz bituminów i węgla organicznego. Badania wykonuje Zakład Geochemii i Chemii Analitycznej Państwowego Instytutu Geologicznego.

Monitoring wód Bałtyku jest związany z realizacją zobowiązań Polski wynikających z Konwencji Helsińskiej podpisanej w 1974 roku. Celem międzynarodowego programu monitoringu Bałtyku jest śledzenie tendencji zmian wybranych elementów ekosystemu bałtyckiego. Program ma charakter etapowy, przy czym w ramach każdego etapu monitorowane są poszczególne zagrożenia, takie na przykład jak:

- monitoring skażeń radioaktywnych morza i organizmów morskich;
- monitoring zanieczyszczeń chemicznych atmosfery nadmorskiej;
- monitoring ładunków zanieczyszczeń wnoszonych rzekami;
- monitoring stref przybrzeżnych Bałtyku;
- monitoring osadów dennych.

Obserwacje monitoringowe Bałtyku prowadzone są w sieci stacji międzynarodowych i krajowych. Próby pobiera się w czasie rejsów badawczych, których terminy zgodne są z harmonogramem zatwierdzonym przez Komitet Środowiskowy Komisji Helsińskiej. Wyniki pomiarów przekazywane są sukcesywnie do banku danych organizacji powołanej przez Konwencję Helsińską. Są też wykorzystywane w kraju, głównie w postaci ekspertyz i biuletynów. Nadzór merytoryczny nad badaniami sprawuje Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej - Oddział Morski w Gdyni.

2.5. Przeciwdziałanie zanieczyszczeniom chemicznym i innym zanieczyszczeniom wód

Przeciwdziałanie zanieczyszczeniom chemicznym i innym zanieczyszczeniom wód jest problemem złożonym, wymagającym realizacji wielu przedsięwzięć. Do najważniejszych niewątpliwie należą:

- stosowanie bezściekowych technologii w produkcji przemysłowej lub zamykanie obiegów wodnych w zakładach przemysłowych;
- oczyszczanie ścieków;
- właściwe zabezpieczenie składowanych odpadów przed przenikaniem zgromadzonych tam substancji do wód gruntowych i atmosfery;
- ograniczenie zużycia substancji chemicznych w rolnictwie;
- radykalne zmniejszenie emisji do atmosfery gazów odpowiedzialnych za tworzenie się „kwaśnych deszczy";
- wapnowanie jezior i cieków wodnych.

Oczyszczanie ścieków wodnych polega na usuwaniu szkodliwych substancji zawartych w ściekach lub na ich przetworzeniu do takiej postaci, w której nie będą posiadały właściwości szkodliwych dla odbiorcy. Podstawowym celem oczyszczania ścieków jest przeprowadzenie takiej zmiany składu i właściwości aby odprowadzenie ich do odbiornika nie naruszyło w nim naturalnego życia biologicznego. Także by nie było przeszkodą do dalszego (uzgodnionego względami gospodarczymi, sanitarnymi oraz ogólnymi względami ochrony środowiska) wykorzystywania jego wód i nie zagrażało zdrowiu ludności. Wymagany stopień oczyszczania ścieków powinien być ustalony po uprzednim rozpoznaniu chłonności odbiornika ścieków. Pod tym pojęciem rozumie się jego zdolność do przyjmowania określonego ładunku zanieczyszczeń, w ilości nie powodującej przekroczenia dopuszczalnego stanu jego zanieczyszczenia, zgodnie z przepisami prawnymi, dotyczącymi ochrony czystości wód przed zanieczyszczeniem.

Do oczyszczania ścieków stosowane są różne sposoby, które ogólnie można podzielić na:

- sposoby mechaniczne - oparte na procesach cedzenia, rozdrabniania, sedymentacji i flotacji;
- sposoby fizyczno - mechaniczne polegające na wykorzystaniu reakcji chemicznych i procesów fizykochemicznych;
- sposoby biologiczne polegające na rozkładzie i mineralizacji zanieczyszczeń organicznych przez mikroorganizmy.

Oczyszczanie ścieków odbywa się w oczyszczalniach. Oczyszczalnia to zespół obiektów budowlanych, składających się z podstawowych obiektów technologicznych, służących bezpośrednio do oczyszczania ścieków i unieszkodliwiania osadów ściekowych oraz znajdujących się na wspólnym terenie obiektów pomocniczych niezbędnych do dostawy energii elektrycznej, wody, stworzenia odpowiednich warunków do pracy i obsługi oczyszczalni. Ze względu na rodzaj stosowanych sposobów oczyszczania ścieków i związanych z nimi procesów, oczyszczalnie dzielą się na: mechaniczne, chemiczne i biologiczne. Przez oczyszczalnię mechaniczną należy rozumieć zespół funkcjonujących urządzeń służących do usuwania ze ścieków zanieczyszczeń nie rozpuszczalnych tj. ciał stałych, zawiesin oraz tłuszczów i olejów.

Do głównych urządzeń oczyszczalni mechanicznych należą: kraty, osadniki, piaskowniki i odtłuszczacze. Oczyszczalnie mechaniczne są oczyszczalniami najniższego stopnia. Przyjmuje się ogólnie, że prawidłowo działająca oczyszczalnia mechaniczna może zapewnić redukcję zawiesin w granicach 60 - 70%, a biochemiczne zapotrzebowanie tlenu o 25 - 40%.

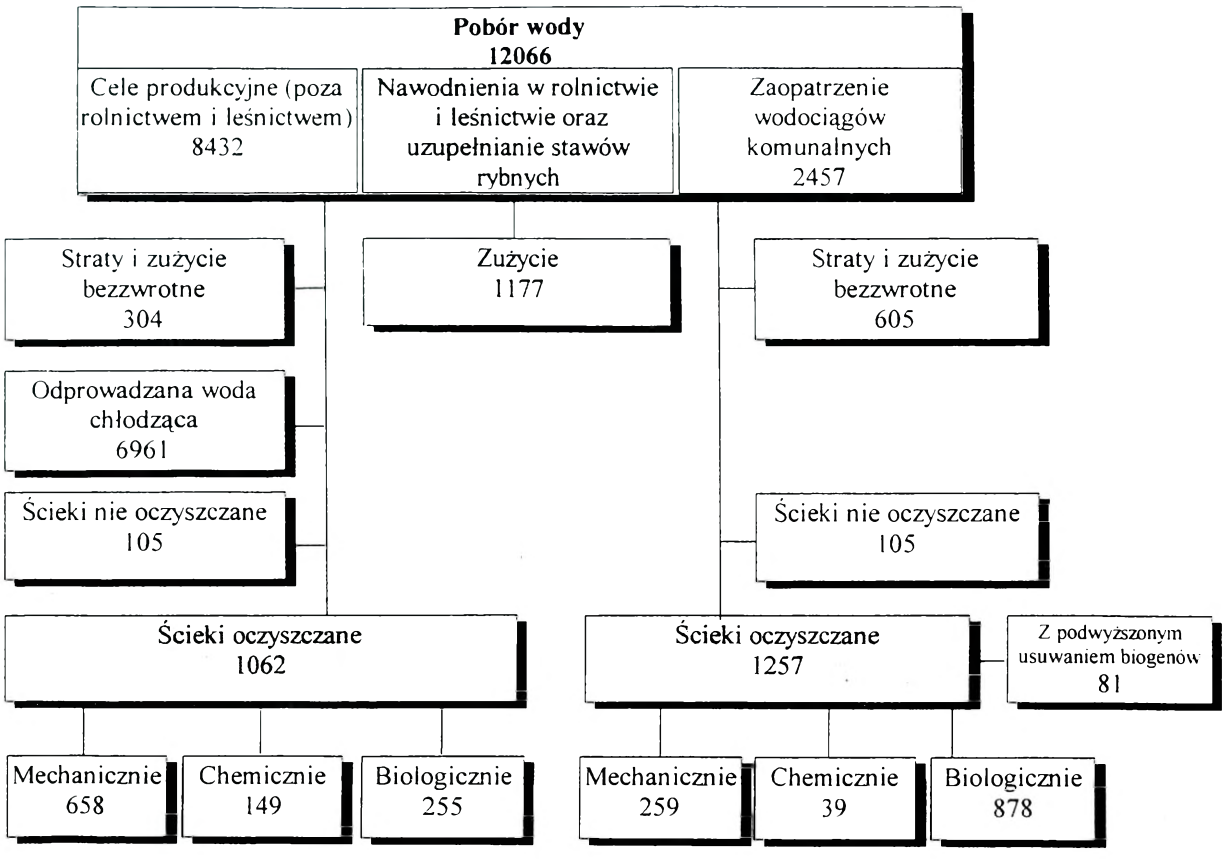
Oczyszczalnia chemiczna to zespół urządzeń do mechaniczno - chemicznego oczyszczania głównie ścieków przemysłowych. W oczyszczalniach tego typu są wykorzystywane takie procesy fizykochemiczne jak: koagulacja, zobo-

jętnianie, wytrącanie, sorpcja, utlenianie itp. Do tego celu służą różnego rodzaju urządzenia do przygotowania i dawkowania reagentów, mieszalniki, komory reakcji, komory wielofunkcyjne itp. Oczyszczaniu chemicznemu poddawane są głównie ścieki przemysłowe.

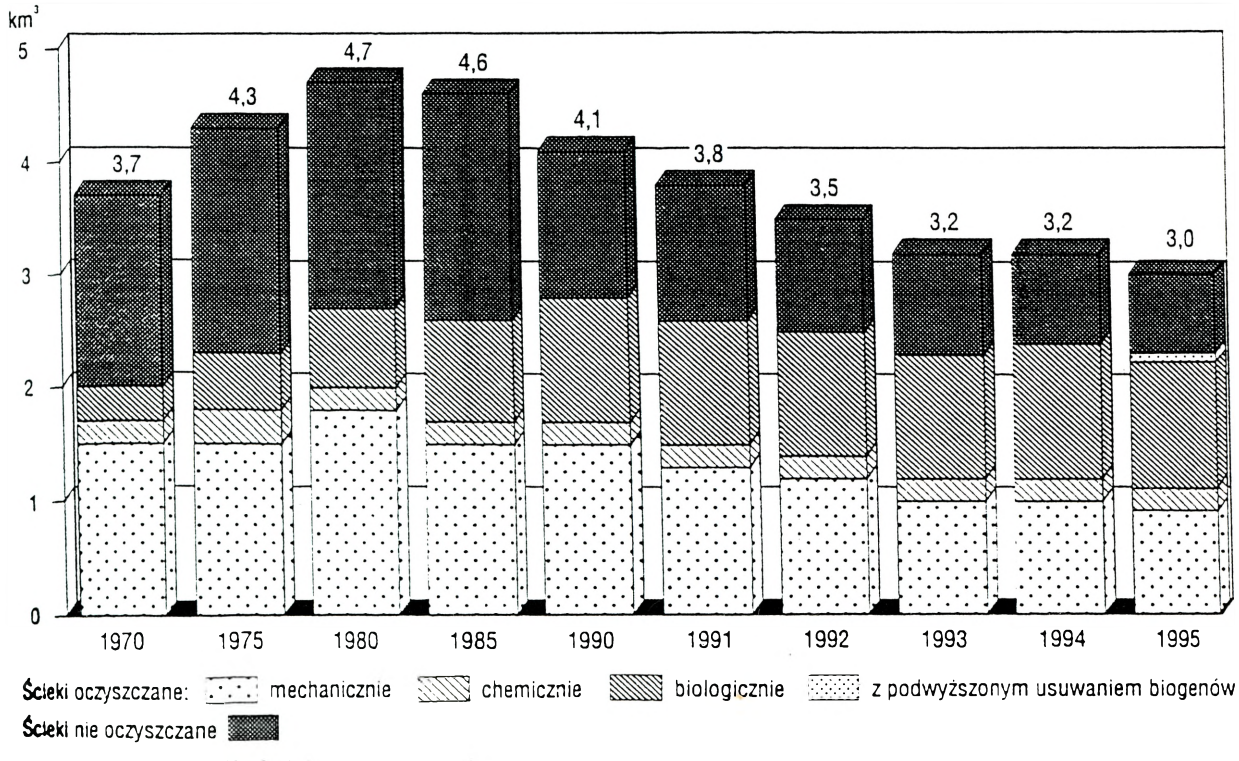
Oczyszczalnie biologiczne obejmują urządzenia do mechaniczno - biologicznego lub mechaniczno - chemiczno - biologicznego oczyszczania ścieków. Zadaniem oczyszczalni biologicznych jest usuwanie ze ścieków związków węgla, azotu i fosforu, przy wykorzystaniu specyficznej mikroflory i mikrofauny. W biologicznym oczyszczaniu ścieków główną rolę odgrywają bakterie, a najważniejszym procesem jest przyrost komórek kosztem substancji ściekowej. Do najczęściej stosowanych metod oczyszczania biologicznego należą złoża biologiczne i osad czynny. W wyniku oczyszczania ścieków osadem czynnym następuje usunięcie ze ścieków znacznej ilości rozpuszczonych substancji organicznych, nieopadających zawiesin i cząstek koloidalnych. Efekt usuwania substancji organicznych za pomocą metody osadu czynnego może wynosić ponad 90%. Metody biologicznego oczyszczania ścieków należą do skutecznych metod oczyszczania, głównie ścieków komunalnych.

W Polsce problem oczyszczania ścieków jest niezwykle istotny. Ilustrują go rysunki 21, 22, 23, na których przedstawiono odpowiednio podział wykorzystywanych zasobów wodnych w 1995 roku, problem ścieków wymagających oczyszczania w latach 1970-1995 oraz stopień oczyszczania ścieków w Polsce w 1995 r.

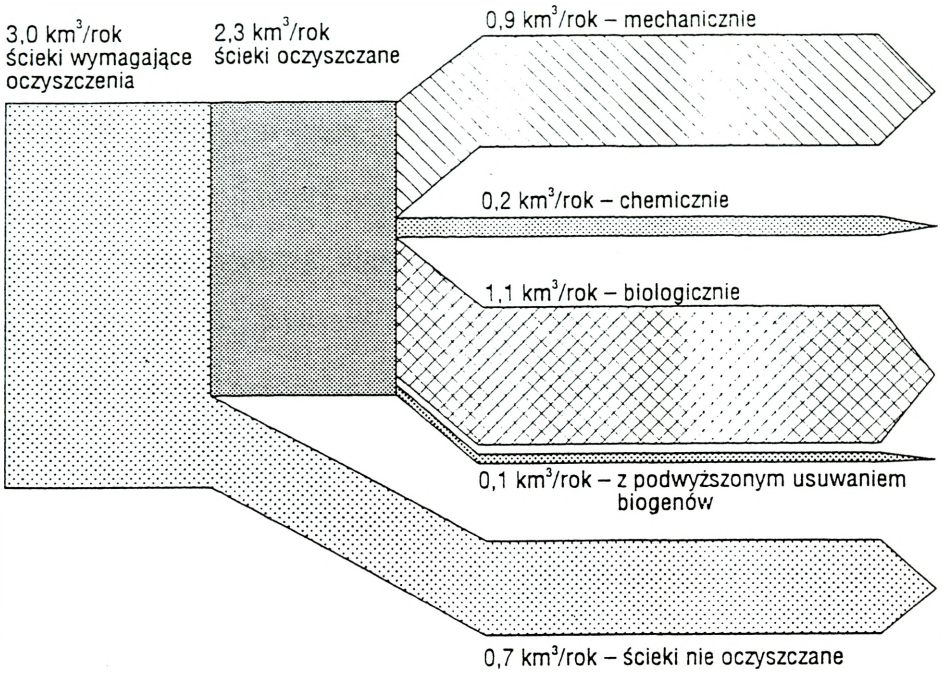
Właściwe zabezpieczenie składowisk odpadów przed przenikaniem zgromadzonych tam substancji do wód gruntowych zapobiega ich skażeniu. Osiąga się to przez wykonanie odpowiednich izolacji, przy zastosowaniu substancji nie przepuszczających związków chemicznych do wód gruntowych



Rysunek 21 Podział wykorzystywanych zasobów wodnych w 1995 r.



Rysunek 22 Scieki wymagające oczyszczania odprowadzane do wod powierzchniowych w latach 1970-1995



Rysunek 23 Stopień oczyszczania ścieków w Polsce w 1995 r.

Ograniczenie zużycia substancji chemicznych w rolnictwie to kolejny kierunek działań, których realizacja może przyczynić się do zmniejszenia skażeń chemicznych wód. Droga do osiągnięcia tego celu prowadzi przez rolnictwo ekologiczne, produkujące tzw. „zdrową żywność". Znaczna część konsumentów produktów rolniczych jest zdecydowana kupować „zdrową żywność", mimo że kosztuje drożej. Stąd też w krajach należących do Unii Europejskiej rolnictwo ekologiczne rozwija się dynamicznie. W Polsce istnieje Stowarzyszenie Producentów Żywności Metodami Ekologicznymi EKOLAND, propagujące ten sposób gospodarowania. Zasadą rolnictwa ekologicznego jest produkować możliwie najwięcej, ale w zgodzie z przyrodą, respektując jej prawa i zależności. Profil gospodarstwa musi być dobrany zgodnie z warunkami naturalnymi - typem gleby, lokalnym mikroklimatem i warunkami wodnymi, tak aby rośliny i zwierzęta nie były narażone na stres.

Radykalne zmniejszenie emisji do atmosfery gazów odpowiedzialnych za tworzenie się „kwaśnych deszczy" i metali ciężkich przyczynia się do znacznego

zmniejszenia zanieczyszczeń wód. Sposoby działania, które mogą się do tego przyczynić opisano w rozdziale 1.

Wapnowanie jezior i cieków wodnych jest doraźnym „lekiem" na zakwaszenie wód powierzchniowych. Po wapnowaniu wartość pH wody ulega podwyższeniu, aluminium i inne metale wytrącają się i opadają na dno, a zawartość rtęci w rybach zmniejsza się. Po wapnowaniu wiele gatunków roślin i zwierząt odżywa, a ryby mogą znowu się rozmnażać. Jednak wapnowanie może okazać się szkodliwe dla roślin i zwierząt żyjących na dnie ponieważ tam zbierają się trujące metale. Jeżeli już rozpoczęło się wapnowanie to trzeba je kontynuować tak długo, jak długo ma się do czynienia z kwaśnym opadem. W przeciwnym bowiem przypadku metale z dna mogą znowu się uwolnić i spowodować większe szkody niż wcześniej. Trzeba się liczyć z tym, że wapnowanie należy powtarzać co 3 - 5 lat. Jest to więc metoda uciążliwa, kosztowna i nie znamy w pełni jej wpływu na ekosystem.

3. SKAŻENIA CHEMICZNE GLEB

3.1. Ogólna charakterystyka gleb

Gleba to powierzchniowa warstwa skorupy ziemskiej, powstała ze skały macierzystej, przekształconej w tzw. procesie glebotwórczym przez wzajemnie działające na siebie czynniki glebotwórcze. Do tych czynników należą: drobnoustroje glebowe, wyższe rośliny i zwierzęta (czynniki biotyczne), klimat, stosunki wodne, rzeźba terenu (czynniki abiotyczne) oraz gospodarcza działalność człowieka. Powstanie gleby poprzedza najczęściej wietrzenie skały macierzystej prowadzące do kruszenia i rozdrabniania podłoża skalnego. Na zwietrzałej skale pojawiają się początkowo bakterie, porosty, pierwotniaki, glony i grzyby, następnie mchy, a wreszcie rośliny i zwierzęta wyższe. Organizmy te pobierają z podłoża składniki pokarmowe, a jednocześnie wydalają różne substancje organiczne, które wraz z rozkładającymi się szczątkami martwych organizmów dają związki tworzące próchnicę. W miarę jej gromadzenia wytwarza się warstwa próchnicza, w której zawarte są składniki pokarmowe łatwo przyswajalne przez rośliny. W ten sposób martwa skała przekształca się w glebę - biologicznie czynną warstwę ziemi od jej powierzchni do głębokości przenikania korzeni roślin. Przebieg procesu glebotwórczego jest różny w zależności od nasilenia poszczególnych czynników glebotwórczych na danym obszarze Ziemi.

Każdy typ gleby ma odmienny przekrój, zwany profilem, o swoistej charakterystycznej barwie i budowie, który świadczy o przebiegu procesu glebotwórczego i wskazuje w jakiej fazie rozwoju znajduje się dana gleba. Barwa gleby zależy w znacznej mierze od mineralnego jej tworzywa i zawartości związków organicznych. Barwa gleby ciemnoszara i kasztanowa świadczy o wysokiej zawartości próchnicy, czerwonawa o zawartości utlenionych związków żelaza, biaława - krzemionki, mleczna - węglanu wapnia. W profilu glebowym poszczególnych typów i rodzajów gleby rozróżnia się właściwe dla nich poziomy genetyczne o różnej miąższości. Należą tu np. poziom akumulacyjny, eluwial-

ny, iluwialny, czasem glejowy. W praktyce stosowany jest często uproszczony podział profilu glebowego na glebę uprawną, podglebie (tzw. martwicę) i podłoże czyli skałę macierzystą. Rozróżnia się gleby płytkie, o kilku lub kilkunastu cm miąższości i gleby głębokie do 2 m oraz gleby całkowite zbudowane z tej samej skały macierzystej do głębokości 150 cm i niecałkowite, gdy do tej głębokości występują warstwy różnorodnego materiału skalnego.

W skład każdej gleby wchodzą cząstki mineralne, organiczne, organiczno - mineralne, woda i powietrze. Najczęściej spotykanymi w glebach pierwiastkami są krzem, glin, wapń; stanowią one od kilku do kilkudziesięciu procent ogólnej wagi większości gleb. W mniejszej ilości w glebach znajdują się magnez, potas, siarka, sód, azot, węgiel, wodór i tlen, odgrywające ważną rolę w procesach życiowych roślin i zwierząt. Gleby zawierają ponadto pierwiastki występujące w bardzo małej ilości, jednak niezbędne do życia roślin, a pośrednio i zwierząt. Są one nazywane mikroelementami. Należą do nich: bar, mangan, miedź, cynk, kobalt, molibden, fluor, jod, tytan itp. Wszystkie wymienione wyżej pierwiastki występują w glebach w związkach zarówno mineralnych jak i organicznych.

Do najpospolitszych minerałów występujących w glebach należą: kwarc, skalenie, łuszczyki, pirokseny, amfibole, oliwiny, glaukonity oraz minerały bezkrzemowe zawierające węglany, fosforany, siarczany, tlenki glinu i żelaza. Mineralne cząstki gleby tworzą frakcje różnej wielkości, których procentową zawartość w glebach nazywa się mechanicznym składem gleby. Frakcje grubsze (kamienie, żwir) powyżej 1 mm średnicy zwane są cząstkami szkieletowymi gleby, drobniejsze (o średnicy poniżej 1 mm) ziarnistymi. W tych ostatnich rozróżnia się: piasek (0,1 - 1 mm średnicy), pył (0,01 - 0,1 mm) i ił (poniżej 0,01 mm). Cząsteczki mineralne w glebach (z wyjątkiem gleb luźnych: żwirowych i piaskowych) są najczęściej zlepione w skupienia - agregaty różnej wielkości. Układ przestrzenny tych agregatów nosi nazwę struktury gleby. Pod wpływem właściwej uprawy i nawożenia struktura gleby zmienia się w szczególnie ko-

rzystną dla rozwoju roślin, tzw. strukturę gruzełkowatą, o przewadze agregatów wielkości około 0,25 - 0,3 mm.

Organiczne składniki gleby, pochodzące z obumarłych roślin i zwierząt, resztek pożniwnych, przyoranych nawozów itp., występują głównie w formie próchnicy, o złożonym składzie chemicznym. Próchnica jako koloid zlepia cząstki mineralne gleby i przyczynia się do tworzenia struktury gruzełkowatej, która stwarza w glebie korzystne dla roślin struktury przestrzenne, wodne i powietrzne (wąskie przestwory w gruzełkach zatrzymują wodę, zaś szerokie między gruzełkami umożliwiają krążenie powietrza i wody grawitacyjnej).

Woda znajdująca się nawet w pozornie suchych glebach pochodzi z opadów atmosferycznych, wody gruntowej oraz ze skroplenia pary wodnej zawartej w powietrzu. Występuje w glebach pod różnymi postaciami. Rozróżnia się w glebach wodę higroskopijną (tak silnie związaną z koloidalnymi cząstkami gleby, że nie może być pobierana przez rośliny), błonkową (otaczającą cząstki i agregaty, częściowo pobieraną przez rośliny), kapilarną (poruszającą się w wąskich przestworach gleby i mającą zdolność podsiąkania w górę), grawitacyjną (podsiąkającą w głąb gleby szerokimi przestworami) i gruntową (tworzącą warstwę nie związaną z cząstkami gleby). Oprócz wody w stanie ciekłym występuje w glebie para wodna, zimą zaś lód. W wodzie glebowej są rozpuszczone różne związki chemiczne; jest ona zatem roztworem glebowym. Woda ma decydujące znaczenie w przyswajaniu przez rośliny składników pokarmowych gleby, a tym samym wpływa na jej żyzność.

Powietrze glebowe wypełnia pory nie zajęte przez wodę. Gleby gruboziarniste (np. kamienne, żwirowe i piaskowe) zawierają zazwyczaj więcej powietrza niż drobnoziarniste. Poprzez zabiegi agrotechniczne można wydatnie zwiększyć zawartość powietrza w glebie (przewiewność). Dla roślin polowych optymalna zawartość powietrza wynosi ok. 10 - 20% objętości gleby. Powietrze glebowe zawiera co najmniej dziesięciokrotnie mniej dwutlenku węgla niż powietrze atmosferyczne i nasycone jest parą wodną.

Odczyn gleby (stężenie jonów wodorowych w roztworze glebowym) zależy od przewagi w roztworze kwasów lub związków zasadowych i charakteryzuje również wartość produkcyjną gleby. Gleby bogate w węglan wapnia, sole potasu lub magnezu należą do zasadowych (pH powyżej 7,2) lub o odczynie obojętnym (pH 6,6 - 7,2). Gleby wyługowane ze związków zasadowych lub nasycone kwasami humusowymi zalicza się do gleb kwaśnych (pH poniżej 6,6). Odczyn gleby wpływa na przebieg procesu glebotwórczego, na rozpuszczalność związków pokarmowych, na rozwój pożytecznych drobnoustrojów, a także na rozwój i plonowanie poszczególnych gatunków roślin.

Na urodzajność gleb duży wpływ wywiera działalność organizmów, zwłaszcza drobnoustrojów glebowych. Dla rolnictwa szczególne znaczenie mają bakterie wiążące azot z powietrza oraz bakterie powodujące nitryfikację. Rozwojowi drobnoustrojów sprzyja struktura gruzełkowata gleby.

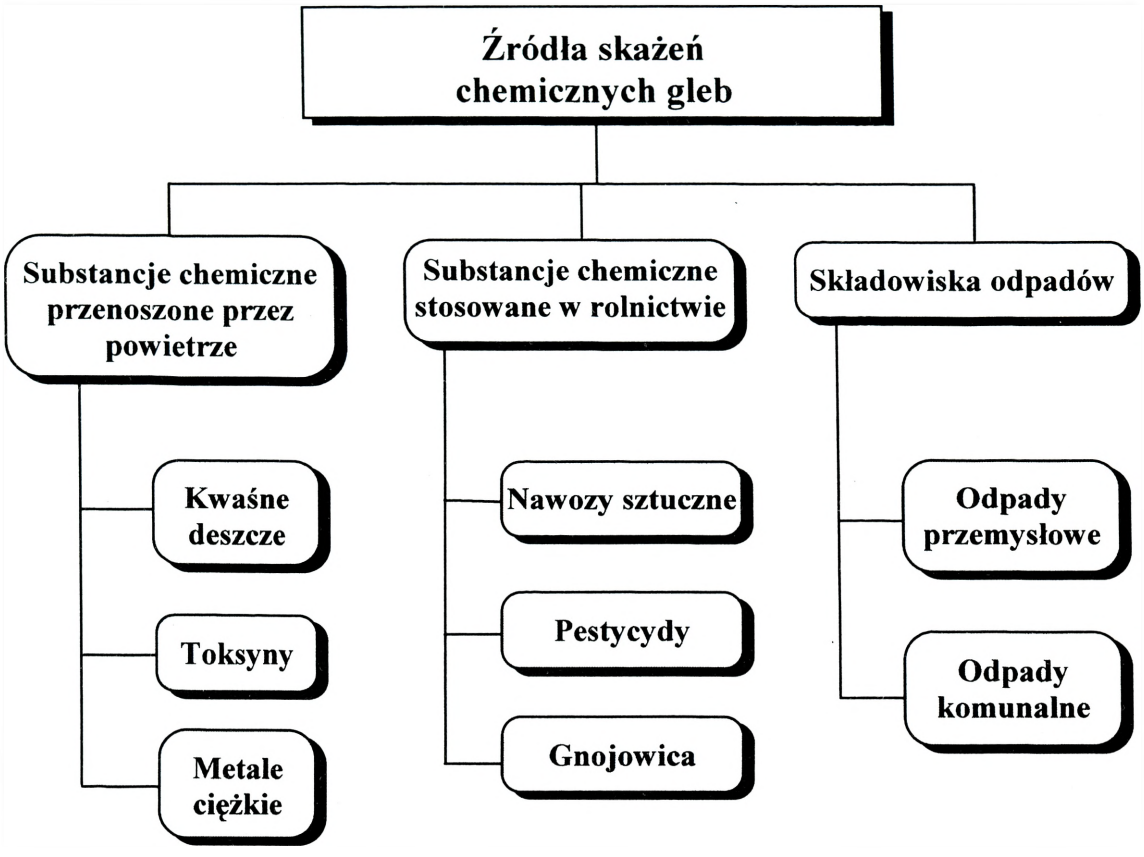
Właściwości wodne, cieplne i powietrzne gleby, jej skład chemiczny, struktura itp., ulegają ciągłym zmianom w związku ze zmianami działających na nią czynników. Nieustannie zachodzi rozdrabnianie kamyków, rozpad minerałów i przemiany różnorodnych związków chemicznych oraz zmiany wielkości gruzełków glebowych. Wpływ na te procesy mają uprawy, nawożenie i warunki klimatyczne. Człowiek swą działalnością gospodarczą wyraźnie wpływa na przebieg procesów chemicznych, fizycznych i biologicznych w glebach, a tym samym na tworzenie i ewolucję gleb. Zagospodarowując prawidłowo środowisko geograficzne i stosując umiejętnie uprawę, nawożenie i melioracje, wzbogaca gleby i podnosi ich urodzajność. Rabunkowa i bezmyślna eksploatacja gleb (wylesienie, jednostronne wyzyskanie) prowadzi do zmniejszenia ich zdolności produkcyjnych, a nawet do degradacji gleby. Jednym z czynników powodujących degradację, a nawet dewastację gleby jest skażenie chemiczne gleb.

3.2. Źródła i mechanizmy skażeń chemicznych gleb

Skażenia chemiczne gleby to zjawiska kumulacji w niej substancji chemicznych w ilościach przekraczających naturalne tło biogeochemiczne. Większości z nich są to substancje chemiczne oddziaływujące szkodliwie po przekroczeniu dopuszczalnych stężeń w glebie, a które przy odpowiednio mniejszych stężeniach są niezbędne do życia roślin. Toksyczność danego składnika chemicznego, zależy często nie tyle od bezwzględnej jego koncentracji w środowisku ile od stosunku jego ilości do ilości innych składników z nim współzależnych. Ponadto ten sam rodzaj i ładunek zanieczyszczenia chemicznego w różnych układach glebowych może tworzyć zupełnie inne związki chemiczne o odmiennym działaniu na rośliny. Przykładem są tlenowe związki siarki, które w glebie przy niedostatecznej ilości tlenu są przekształcane w siarczki i siarkowodór o dużej toksyczności dla roślin. W warunkach obecności tlenu ze związków siarki powstaje kwas siarkowy, który w zależności od właściwości gleby może być neutralizowany lub powodować jej zakwaszenie. Gleby zasobne w węglan wapnia mogą reagować z kwasem siarkowym. Powstający siarczan wapnia gromadzi się w glebie przy czym gleba w takim przypadku nie będzie ujemnie reagować na jego obecność. Podobnie jest w przypadku oddziaływania metali ciężkich. Są one intensywnie pochłaniane przez koloidy mineralne i organiczne. Toteż w glebach zwięzłych o dużej pojemności sorpcyjnej ich dostępność dla roślin - mimo dużej zawartości w glebie - może być niewielka.

Skażenia chemiczne gleb mają miejsce w przypadku przedostania się do nich substancji chemicznych przenoszonych przez powietrze oraz zawartych w chemikaliach stosowanych w rolnictwie i substancjach znajdujących się w składowiskach odpadów. Źródła skażeń gleb przedstawiono na rysunku 24.

Z informacji zamieszczonych na rysunku 24 wynika, że spośród substancji chemicznych przenoszonych przez powietrze zasadnicze znaczenie dla skażeń chemicznych gleb mają gazy będące przyczyną „kwaśnych deszczy", toksyny i metale ciężkie.



Rysunek 24 Zasadnicze źródła skażeń chemicznych gleb

„Kwaśne deszcze" powodują zakwaszenie gleby, przy czym proces ten jest wolniejszy od zakwaszania jezior i innych wód. W glebie zachodzi bowiem więcej reakcji buforowych niż w wodzie. Najważniejszym i działającym na dłuższą metę procesem jest wietrzenie różnych minerałów. Tak długo jak długo minerałów bogatych w wapń jest pod dostatkiem wartość pH jest stosunkowo wysoka, nawet mimo opadów kwaśnych deszczy. W glebach ubogich w wapń na skutek kwaśnych deszczy wartość pH silnie się obniża. W takich warunkach ważnym procesem buforowym w glebie staje się przemiana nierozpuszczalnych związków glinu w rozpuszczalne. Tak zwany wolny glin - kation powstały wskutek rozpuszczania związków aluminium, grozi uszkodzeniem korzeni drzew. Jest również wypłukiwany do wód gruntowych i powierzchniowych co jest główną przyczyną zaniku życia biologicznego w zakwaszonych jeziorach.

W warunkach zakwaszenia gleby zmniejsza się liczba żyjących tam dżdżownic i bakterii. W związku z tym rozkład martwych części organicznych odbywa się w coraz większej mierze przy udziale grzybów. Powoduje to powolniejsze tempo rozkładu, a w konsekwencji powolniejsze uwalnianie substancji odżywczych. W związku z tym w miarę upływu czasu na tych obszarach zaznacza się coraz bardziej problem niedoboru substancji pokarmowych.

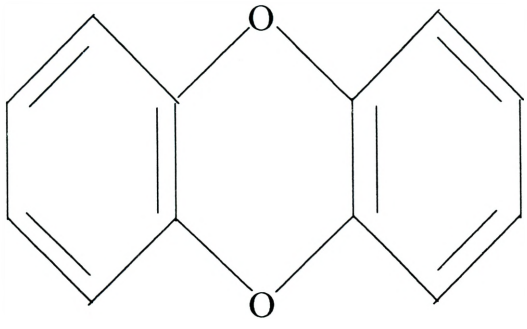
W pewnym uproszczeniu można więc powiedzieć, że zakwaszenie gleby ma trzy ważne aspekty wywołujące skutki biologiczne:

- obniżenie wartość pH;
- zwiększoną zawartość aluminium i innych trujących metali w roztworze glebowym;
- utratę substancji pokarmowych takich jak potas, wapń i magnez wskutek zwiększonego ich wymywania z gleby.

Do obniżenia pH gruntów uprawnych przyczyniają się w bardzo wysokim stopniu obecne metody uprawy. Duże ilości jonów wodorowych zostają bowiem uwolnione w glebie podczas przemian jonów amonowych dostarczonych w nawozach w azotanowe. Udział środków nawozowych w zakwaszeniu ocenia się na 15 - 20%.

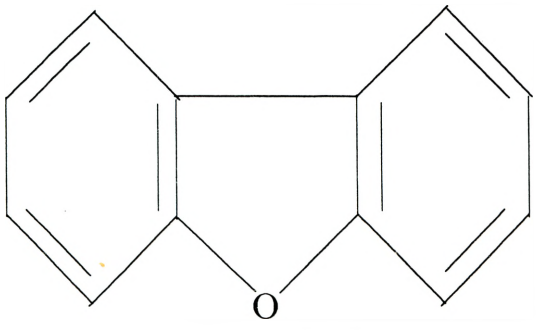
Toksyny przenoszone przez powietrze to różnego rodzaju toksyczne gazy i pyły. Do gleby trafiają w wyniku procesu sedymentacji oraz wraz z opadami atmosferycznymi. Oprócz omawianych wcześniej tlenków, będących źródłem kwaśnych deszczy, do toksyn zalicza się wiele organicznych i nieorganicznych substancji chemicznych emitowanych do atmosfery. Są wśród nich m.in. dioksyny i furany. Związki te zostały wpisane do wykazu ekologicznych zagrożeń cywilizacji ludzkiej w ostatnich latach. Prowadzone badania wykazały bowiem, że istnieje możliwość globalnego zatrucia środowiska tymi środkami i związkami pochodnymi.

Dioksyny to duża grupa różnorodnych organicznych związków chemicznych, których prekursorem jest dibenzo - (b,e) - dioksyna - związek chemiczny o wzorze $C_{12}H_8O_2$. Ma on wzór strukturalny przedstawiony niżej.



Do cząstek dibenzenodioksyny możliwe jest wprowadzenie do ośmiu atomów chloru. W rezultacie może powstać 75 izomerów położeniowych chlorowanych dioksyn. Chlorowane dioksyny są niskolotnymi ciałami stałymi, w stanie czystym bezbarwnymi, o temperaturach topnienia od 88°C (2-chlorodibenzenodioksyna) do 330°C (oktachlorodibenzenodioksyna). Ich rozpuszczalność w rozpuszczalnikach organicznych jest ograniczona, zaś w wodzie rozpuszczają się bardzo słabo. Wszystkie charakteryzują się mniejszą lub większą toksycznością. Największą toksyczność wykazuje 2,3,7,8 tetra-chlorodibenzo (b,e)-(1,4)-dioksyna (związek oznaczony kryptonimem TCDD). Wywołuje on objawy chorobowe po dostaniu się do organizmu w ilościach rzędu mikrogram.

Furany to związki chemiczne o budowie zbliżonej do budowy dioksyn. Związkiem wyjściowym, będącym prekursorem chlorowanych furanów jest dibenzofuran - związek chemiczny o wzorze strukturalnym przedstawionym obok.



Wprowadzenie do cząstki furanu chloru prowadzi do powstania 135 izomerów położeniowych polichlorowanych furanów ($PCDF_S$) podstawionych od jednego do ośmiu atomów chloru.

Chlorowane furany są niskolotnymi ciałami stałymi, bezbarwnymi w stanie czystym o właściwościach fizycznych, chemicznych i toksycznych zbliżonych do dioksyn.

Dioksyny i furany powstają jako niepożądany produkt uboczny w czasie niektórych procesów przemysłowych, procesów spalania oraz różnych awarii. Największym ich źródłem jest produkcja niektórych herbicydów i fungicydów. Innym źródłem mogą być wielkie reakcje termiczne z udziałem chlorowanych prekursorów aromatycznych np. procesy spalania materiałów organicznych w obecności związków chemicznych zawierających chlorowce. Wiele produkowanych obecnie tworzyw sztucznych zawiera substancje, które w procesie spalania są źródłem dioksyn i furanów.

Istotną rolę w skażaniu gleb, obok dioksyn i furanów, spełniają inne wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne. W warunkach Polski zalicza się do nich takie związki chemiczne jak: naftalen, antracen, piren i chryzen. Z gleby mogą być pobierane przez rośliny oraz przemieszczane do wód powierzchniowych i podziemnych, a za ich pośrednictwem do organizmów zwierzęcych i ludzkich, gdzie mogą być przyczyną zachorowań na choroby nowotworowe.

Metale ciężkie dostają się do gleby z różnych źródeł, o regionalnym i lokalnym zasięgu. Oprócz skoncentrowanych przemysłowych źródeł zanieczyszczeń metalonośnych niemałe znaczenie mają: dogruntowe usuwanie i użytkowanie odpadów, nawożenie gleb, komunikacja i transport. Analizując zanieczyszczenie gleb metalami ciężkimi należy brać pod uwagę naturalne (biogeochemiczne) tło i ustalone dla poszczególnych metali stężenia. Zostały one ustalone przez Instytut Uprawy, Nawożenia i Gleboznawstwa. Wyróżniono sześć granicznych poziomów zawartości metali. Poziom pierwszy (zerowy) nazwano zawartością naturalną. Kolejne pięć przedziałów to: I - zawartość podwyższona, II - słabe zanieczyszczenie, III - średnie zanieczyszczenie, IV - silne zanieczyszczenie, V - bardzo silne zanieczyszczenie. Kryteria oceny zanieczyszczenia (degradacji) gleb metalami ciężkimi w Polsce przedstawiono w tabeli 23.

Tabela 23

Graniczne zawartości (w mg/kg) metali ciężkich w powierzchniowej warstwie (0-20 cm) gleb o różnym stopniu zanieczyszczenia

Wyszczególnienie	Grupa gleb	Stopień zanieczyszczenia gleb					
		0	I	II	II	IV	V
Ołów (Pb)	a-g	30	70	100	500	2500	> 2500
	b-g	50	100	250	1000	5000	> 5000
	c-g	70	200	500	2000	7000	> 7000
Cynk (Zn)	a-g	50	100	300	700	3000	> 3000
	b-g	70	200	500	1500	5000	> 5000
	c-g	100	300	1000	3000	8000	> 8000
Miedź (Cu)	a-g	15	30	50	80	300	> 300
	b-g	25	50	80	100	500	> 500
	c-g	40	70	100	150	750	> 750
Nikiel (Ni)	a-g	10	30	50	100	400	> 400
	b-g	25	50	75	150	600	> 600
	c-g	50	75	100	300	1000	> 1000
Kadm (Cd)	a-g	0,3	1	2	3	5	> 5
	b-g	0,5	1,5	3	5	10	> 10
	c-g	1,0	3	5	10	20	> 20

Grupy gleb: a-g - gleby lekkie bardzo kwaśne;
b-g - gleby lekkie o odczynie obojętnym, średnie - lekko kwaśne oraz ciężkie - kwaśne;
c-g -gleby średnio ciężkie i ciężkie o odczynie lekko kwaśnym lub obojętnym.

Substancje chemiczne stosowane w rolnictwie takie jak nawozy sztuczne, pestycydy i gnojowica również w znacznym stopniu przyczyniają się do skażenia gleb. Zanieczyszczenie gleb tymi substancjami jest najczęściej następstwem nadmiernego stosowania chemicznych środków ochrony roślin i nadmiernego nawożenia mineralnego. Przybiera ono formę zasolenia. Degradujące działanie zasolenia polega głównie na nadmiernej koncentracji roztworu glebowego, która zmniejsza dostępność wody i składników pokarmowych dla roślin. Jest to następstwem procesów biochemicznych zachodzących w warunkach niedostatku tlenu, przy obfitych opadach atmosferycznych. Te ostatnie ograniczają dostęp tlenu atmosferycznego. Toksyczność związków chemicznych powstałych w warunkach beztlenowych ustępuje po ponownym natlenieniu środowiska.

Odpady to zużyte przedmioty oraz substancje stałe, a także będące ściekami substancje ciekłe, powstające w związku z bytowaniem człowieka lub działalnością gospodarczą, nieprzydatne w miejscu, w którym powstały i nieprzydatne dla środowiska.

Odpadami nie są:

- kopaliny towarzyszące;
- nadkład w górnictwie odkrywkowym;
- produkty uboczne;
- substancje znajdujące się w obiegu w procesach produkcyjnych, w tym ścieki (z wyjątkiem osadów);
- pyły emitowane do atmosfery.

Ze względu na pochodzenie odpady dzielą się na odpady przemysłowe (produkcyjne) oraz odpady komunalne (bytowe).

Odpady przemysłowe (produkcyjne)

- powstają w wyniku działalności gospodarczej;
- są głównym źródłem odpadów nagromadzonych w środowisku;
- pochodzą przede wszystkim z następujących gałęzi gospodarki narodowej
  - górnictwo węgla kamiennego;
  - górnictwo i hutnictwo metali kolorowych;
  - przemysł energetyczny;
  - przemysł chemiczny.

Wykaz odpadów przemysłowych uciążliwych dla środowiska (objętych badaniami statystycznymi) obejmuje 170 pozycji w 4 kategoriach uciążliwości:

I kat. 60 rodzajów odpadów;

II kat. 40 rodzajów odpadów;

III kat. 18 rodzajów odpadów;

IV kat. 52 rodzaje odpadów.

W zależności od kategorii uciążliwości zróżnicowane są opłaty za składowanie odpadów.

W Polsce liczba zakładów produkujących odpady przemysłowe stale się zwiększa. Ilustrują to dane zamieszczone w tabeli 24.

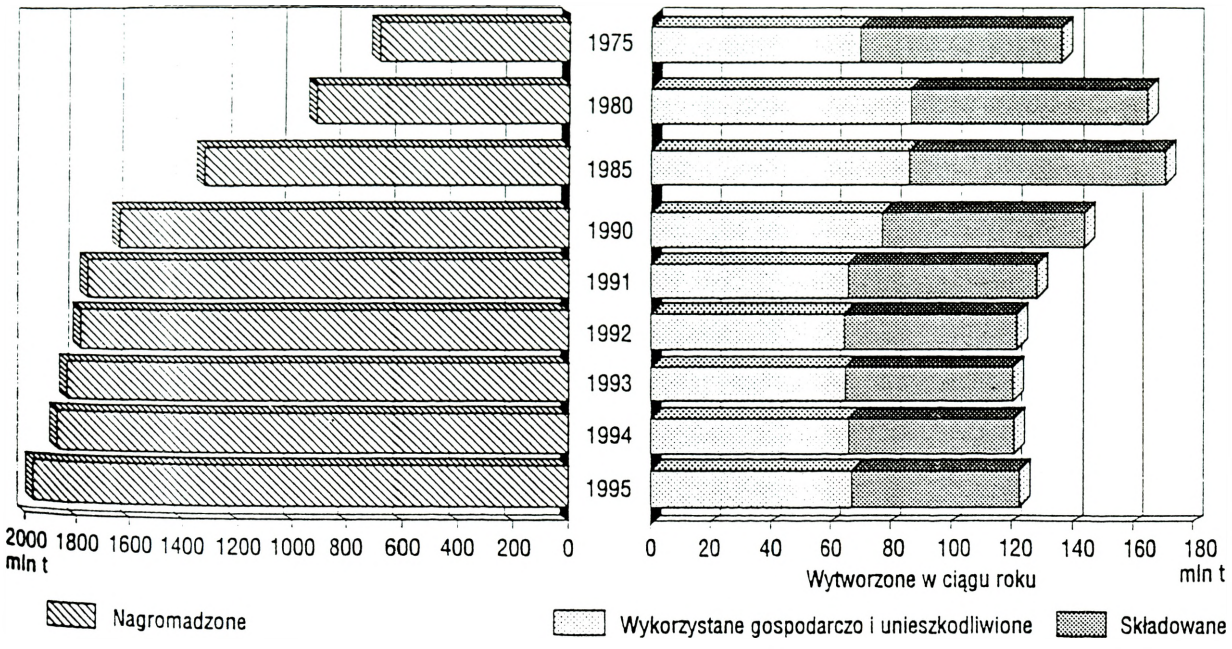
Tabela 24

Zakłady przemysłowe decydujące o zagrożeniu środowiska odpadami

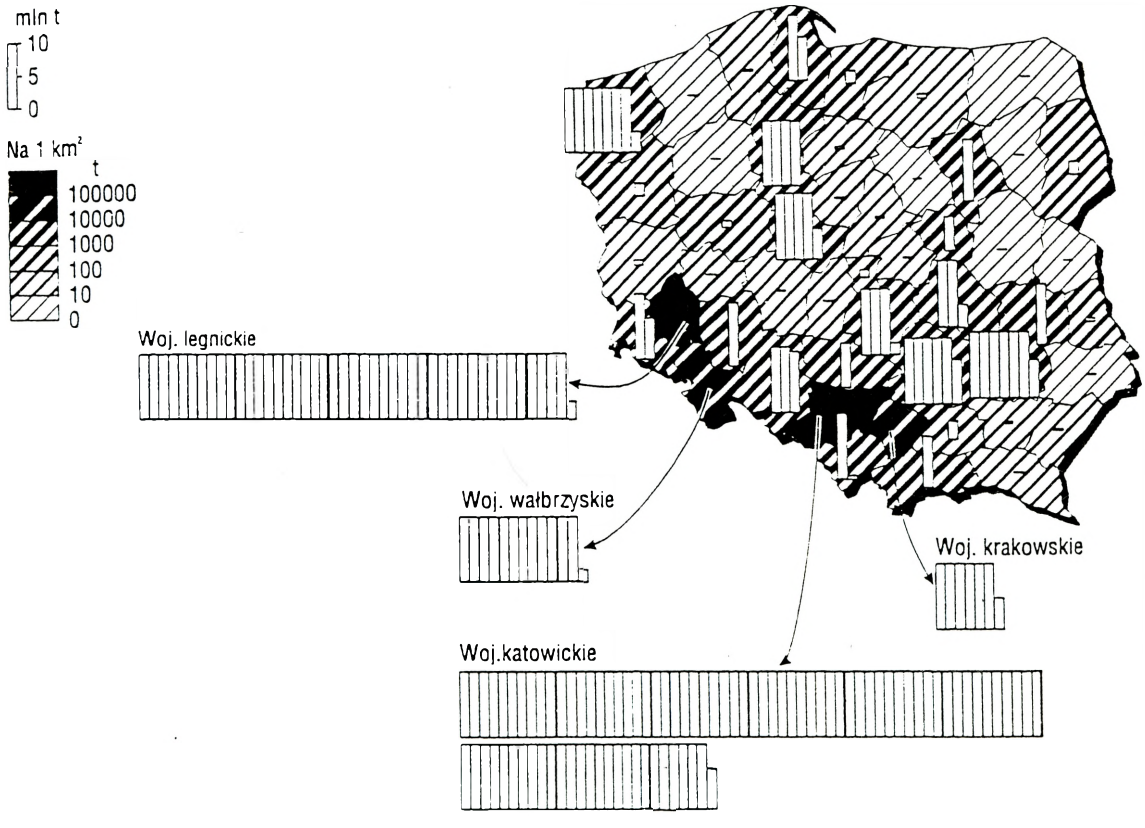
Wyszczególnienie	zakłady					odpady nagromadzone w mln t.					
	1975	1980	1986	1990	1995	1975	1980	1986	1990	1995	1995 w %
OGÓŁEM	**523**	**598**	**1257**	**1436**	**1224**	x	x	x	x	x	x
w tym zakłady posiadające na swoim terenie odpady nagromadzone w ilości:	318	402	595	610	515	684	914	1394	1638	1966	100
10 tyś. ton i mniej	50	62	200	216	171	0	0	0	0	1	0,0
10 - 50 tyś. ton	61	56	119	111	87	2	2	3	3	2	0,1
50 - 100 tyś. ton	34	62	42	42	34	2	5	3	3	3	0,2
100 - 500 tyś. ton	48	79	74	78	69	12	20	20	18	16	0,8
500 - 1000 tyś. ton	19	31	24	24	20	13	22	19	18	15	0,8
1000 - 2000 tyś. ton	27	35	37	34	29	39	50	54	50	43	2,2
2000 - 5000 tyś. ton	39	31	39	44	41	126	103	122	140	133	6,8
5000 - 10000 tyś. ton	25	26	29	25	22	163	170	207	185	155	7,9
10000 - 20000 tyś. ton	6	9	15	16	19	79	131	215	240	280	14,2
20000 tyś. ton i więcej	9	11	16	20	23	248	411	751	981	1318	67,0

Ilość odpadów wytwarzanych w ciągu roku w latach 90-tych nieco się zmniejszyła, wciąż natomiast rośnie ilość odpadów przemysłowych uciążliwych dla środowiska nagromadzonych na hałdach i wysypiskach. Problem ilustrują dane zawarte na rysunku 25. Najwięcej odpadów produkuje się i gromadzi w województwach najbardziej uprzemysłowionych. Problem ten zobrazowano na rysunku 26. Dane o odpadach nagromadzonych i wytworzonych według rodzajów są natomiast przedstawione w tabeli 25.

Odpady komunalne (bytowe) powstają w wyniku działalności bytowo gospodarczej człowieka w środowisku miejskim i osiedlowym. Mogą więc występować w postaci stałej lub płynnej. Są bardzo zróżnicowane pod względem



Rysunek 25 Odpady przemysłowe uciążliwe dla środowiska w latach 1975-19



Rysunek 26 Odpady przemysłowe uciążliwe dla środowiska nagromadzone terenach zakładów według województw w 1995 r.

Tabela 25

Odpady przemysłowe nagromadzone i wytworzone według rodzajów

RODZAJE ODPADÓW	Lata	Odpady nagromadzone na terenach zakładów (stan w końcu roku)		Odpady wytworzone w ciągu roku			
				ogółem	wykorzystane gospodarczo[a]	unieszkodli-wione	składowane[b]
		w mln ton	w %	w mln ton	w %		
OGÓŁEM	1985	1324,3	100	170,9	50,2	0,2	49,6
	1990	1637,9	100	143,9	53,6	0,2	46,2
	1995	1966,0	100	122,7	54,5	0,2	45,3
Odpady górnicze (w tym skalne z kopalni i z zakładów przeróbczych	1985	568,1	42,9	81,4	69,8	-	30,2
	1990	660,5	40,3	65,1	68,7	-	31,3
	1995	837,8	42,6	56,0	60,6	-	39,4
Odpady poflotacyjne z przemysłu: metali nieżelaznych, siarkowego, barytowego, węglowego (zakłady wzbogacania i odsiarczania) oraz z mechanicznego oczyszczania wód kopalnych	1985	358,1	27,0	34,1	20,1	-	79,9
	1990	490,7	30,0	29,8	30,7	-	69,3
	1995	584,3	29,7	28,7	30,7	0,0	69,3
Popioły lotne i żużle z elektrowni, elektrociepłowni i kotłowni	1985	168,1	12,7	27,3	32,1	0,0	67,9
	1990	260,9	15,9	26,6	42,5	-	57,5
	1995	318,5	16,2	20,1	62,2	-	37,8
Fosfogipsy	1985	38,6	2,9	2,8	0,0	-	100
	1990	52,1	3,2	1,6	-	-	100
	1995	62,0	3,2	2,3	0,6	-	99,4
Żużle z hutnictwa żelaza i stali	1985	42,7	3,2	8,4	79,9	-	20,1
	1990	47,5	2,9	7,1	61,0	-	39,0
	1995	45,3	2,3	5,0	94,7	-	5,3
Odpady z przemysłu sodowego	1985	37,1	2,8	1,2	16,7	-	83,3
	1990	37,9	2,3	0,9	2,2	7,0	90,8
	1995	33,1	1,7	0,6	45,9	-	54,1
Żużle z hutnictwa metali nieżelaznych	1985	30,2	2,3	1,2	76,7	-	23,3
	1990	29,8	1,8	1,0	75,4	-	24,6
	1995	32,5	1,7	1,1	95,3	-	4,7
Szlamy i pyły z oczyszczania gazów w hutnictwie	1985	6,7	0,5	0,8	83,2	-	16,8
	1990	7,2	0,5	0,5	58,7	-	41,3
	1995	7,7	0,4	0,6	85,8	-	14,2
Osady z biologicznych i mechaniczno - chemicznych oczyszczalni ścieków	1985	4,9	0,4	0,7	33,5	14,2	52,3
	1990	7,1	0,4	1,0	39,5	5,3	55,2
	1995	5,1	0,2	0,7	34,2	9,0	56,8
Wapno pokarbidowe	1985	5,0	0,4	0,5	66,2	-	33,8
	1990	5,4	0,3	0,4	63,1	-	36,9
	1995	4,9	0,2	0,2	60,4	-	39,6
Błoto defekosaturacyjne	1985	4,8	0,4	1,5	17,3	-	82,7
	1990	3,7	0,2	1,7	37,3	-	62,7
	1995	1,5	0,1	1,0	52,6	-	47,4
Pozostałe	1985	60,0	4,5	11,0	43,2	2,1	54,7
	1990	35,1	2,2	8,2	67,3	2,9	29,8
	1995	33,3	1,7	6,4	66,2	3,1	30,7

a) Łącznie z odpadami wykorzystywanymi do niwelacji terenu, wypełniania wyrobisk pokopalnianych oraz w budownictwie i robotach inżynieryjno - drogowych, których ilość wynosiła: w 1985 r. - 58,9 mln ton, w 1990 r. - 40,0 mln ton, w 1995 r. - 39,6 mln ton.

b) Na wysypiskach, składowiskach, hałdach i stawach osadowych własnych i obcych.

składu chemicznego i fizycznego. Najczęściej odpady komunalne zawierają 40 - 50% substancji organicznych, 50 - 60% części mineralnych oraz 30% popiołu z palenisk.

Odpady stałe zawierają pierwiastki śladowe: molibden, cynk, miedź, kobalt, nikiel. Wymienione składniki występują w formie połączeń nietoksycznych, łatwo przyswajalnych.

Odpady płynne to głównie ścieki bytowo - gospodarcze z szamb przydomowych oraz z instytucji i zakładów przemysłowych nie mających kanalizacji. Ich skład jest zróżnicowany. Pochodzące z szamb zawierają dużo substancji organicznych. Produkty rozpadu odpadów to: dwutlenek węgla, amoniak, siarkowodór, metan, azotany, azotyny, siarczany i inne. Odpady komunalne stwarzają też możliwość skażenia środowiska mikroorganizmami chorobotwórczymi, dla których stanowią pożywkę. Ponadto na wysypiskach odpadów komunalnych panują dobre warunki do żerowania dla much, gryzoni i ptaków, które mogą przenosić zarazki chorób na inne tereny (np. duru brzusznego, paraduru, tężca, czerwonki itp.).

3.3. Skutki skażeń chemicznych gleb

Skażenia chemiczne gleb powodują zniekształcenie chemizmu gleby przez nadmierną kumulację lub nadmierny ubytek składników. Prowadzi to do pogorszenia aktywności biologicznej i higieny środowiska, składu gatunkowego szaty roślinnej, życia i plonowania roślin uprawnych oraz użytkowych i estetycznych walorów roślin. Pogorszenie stanu gleby może być na tyle duże, że następuje degradacja chemiczna gleby. Z tym zjawiskiem mamy do czynienia gdy następuje wyjałowienie gleby ze składników pokarmowych oraz naruszenie równowagi jonowej.

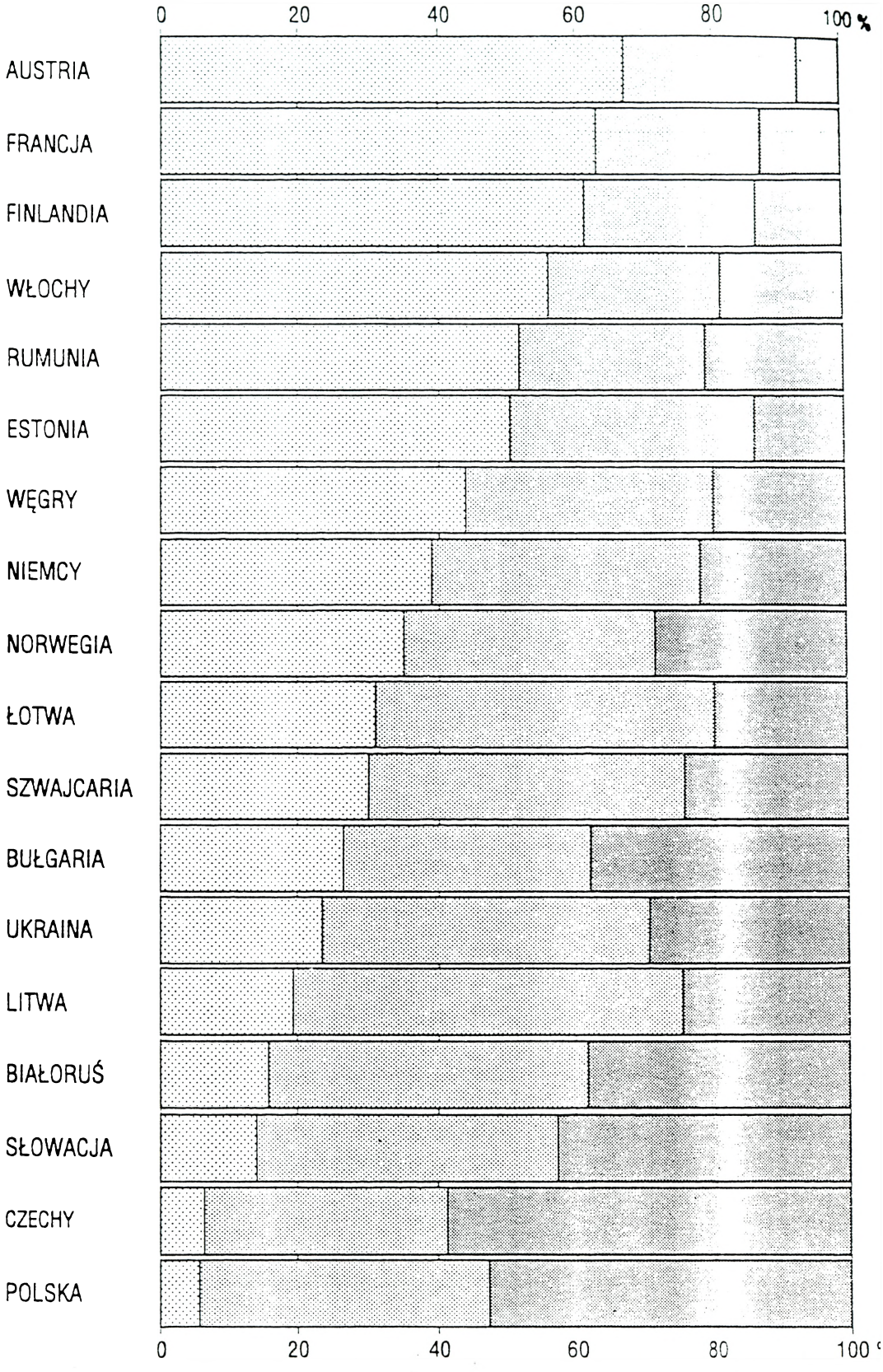
Skutki skażeń chemicznych to:

- zaburzenia procesów życiowych roślin;
- choroby zwierząt i ludzi.

Zaburzenia procesów życiowych roślin zależą w znacznym stopniu od rodzaju i stopnia skażenia. Skażenia mogą oddziaływać na rośliny zarówno bezpośrednio jak i pośrednio.

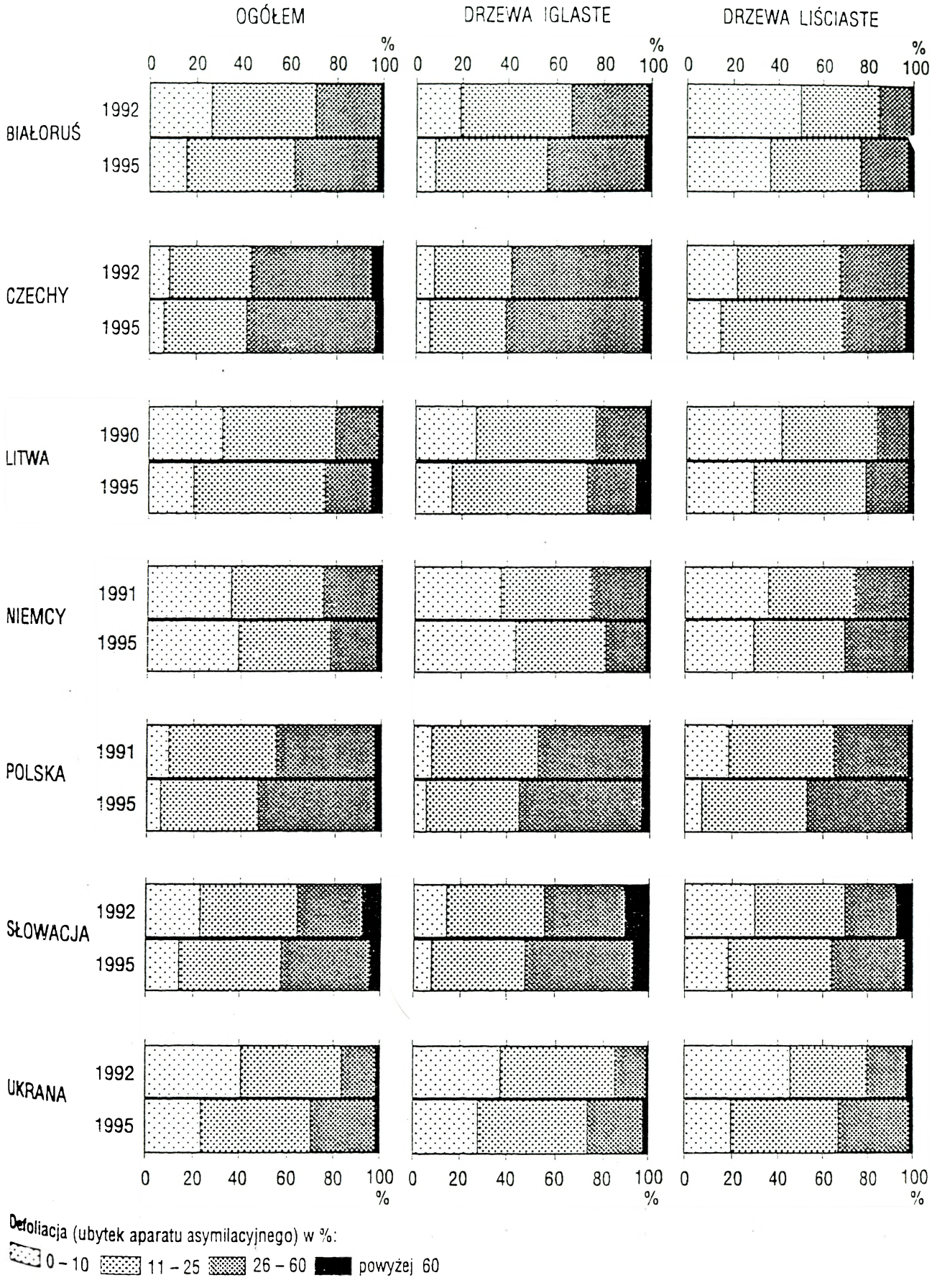
W przypadku kwaśnych deszczy bezpośrednie oddziaływanie uwidacznia się w postaci uszkodzeń igieł i liści. Dzieje się tak w wyniku uszkodzenia ochronnej warstwy wosku, którą pokryte są igły, bądź wskutek uszkodzenia szparek oddechowych, które m.in. regulują intensywność transpiracji. Wewnątrz liści i igieł uszkodzone zostają różne błony, co może spowodować zakłócenia w systemie odżywiania i w bilansie wodnym. Zazwyczaj różne zanieczyszczenia działają synergicznie. Pośrednie uszkodzenia są natomiast następstwem zakwaszenia gleby. Zmniejsza się wówczas dostępność substancji odżywczych przy jednoczesnym zwiększeniu zawartości szkodliwych dla drzew metali rozpuszczonych w roztworze glebowym np. aluminium. Mocno zakwaszone środowisko, w połączeniu z trującym działaniem metali, prowadzi do uszkodzenia korzeni i grzybów mikoryzowych, co powoduje, że nie mogą one pobrać wystarczającej ilości pożywienia i wody. Symbioza korzeni i grzybów mikoryzowych może być ograniczona, a nawet całkowicie ustać. Wszystko to zmniejsza żywotność drzew, a także odporność na choroby i owady. Sytuacja pogarsza się przy niekorzystnej pogodzie. Gorące i suche lato, a także sucha zima, mogą być trudne do przeżycia dla drzewa, które cierpi na brak pożywienia i wody. Dzieła dopełniają owady i pasożytnicze grzyby, które z łatwością atakują drzewa uprzednio osłabione przez działanie innych czynników. Duża zawartość zanieczyszczeń w powietrzu oraz ogromne ilości związków siarki i azotu doprowadziły w Europie Środkowej do poważnego pogorszenia stanu lasów. W rezultacie zmniejszył się roczny przyrost drzew, a w wielu przypadkach trwa proces obumierania lasów. Wg szacunków w RFN w 1985 roku ponad połowa lasów o całkowitej powierzchni około 3,8 mln hektarów była mniej lub bardziej uszkodzona. To samo dotyczyło połowy lasów

w Holandii, 1/3 w Szwajcarii i 1/4 w Austrii. Ogółem obliczono, że w 1985 roku w całej Europie było uszkodzonych co najmniej 6 milionów hektarów lasów. Problem dotyczy również Polski. Szacuje się, że katastrofa lasów w Karkonoszach i Górach Izerskich jest rezultatem kwaśnych deszczy emitowanych do Polski z Czech i Niemiec. Ogółem w Polsce ponad 50% lasów choruje, przy czym proces ten jest związany z zatruciem środowiska. Uszkodzenie (defoliację) drzewostanów w wybranych krajach Europy w 1995 roku przedstawiono na rysunku 27, zaś stan zdrowotny lasów w Polsce i w krajach sąsiednich na rysunku 28. Nie tylko drzewa lecz również inne rośliny ulegają uszkodzeniom pod wpływem zakwaszenia i zanieczyszczenia powietrza. Najwrażliwszymi roślinami są porosty i mchy, które nie mają ochronnej warstwy wosku, a zarazem ich intensywny okres wzrostu przypada na jesień, gdy stopień zanieczyszczenia powietrza z reguły jest największy. Wśród roślin zielnych uszkodzenia nie są na ogół zbyt poważne. Obserwuje się jednakże tendencję do rozprzestrzeniania się roślin odpornych na zakwaszenie i takich, na które opad azotu działa pozytywnie oraz zanikania roślin wymagających do rozwoju wysokiego pH i szerokiego dostępu do substancji odżywczych, a także tych, które źle się czują przy obfitym dostępie azotu. Rośliny motylkowe, które mają zdolność przyswajania wolnego azotu są przykładem roślin zagrożonych. Zwiększający się opad azotu, w postaci jonów azotanowych, jest niekorzystny dla bakterii brodawkowych, które w symbiozie z korzeniami roślin motylkowych przyswajają wolny azot i przetwarzają go w formę potrzebną roślinom. Powyższe zmiany zachodzą niedostrzegalnie, ponieważ rozwinięte rośliny mogą znieść duże stężenia zanieczyszczeń. Natomiast reprodukcja i rozwój nowych pokoleń roślin staje się coraz trudniejszy. W przyszłości może to spowodować, jeżeli emisja zanieczyszczeń nie zostanie ograniczona, znaczne zubożenie flory. Konsekwencją degradacji i zanieczyszczania gleb jest spadek plonów. Obniża to oczywiście opłacalność produkcji rolnej. W krańcowych przypadkach zachodzi konieczność przekazania gleby pod zalesienie. Zdarza się, że zdegradowana gleba nie nadaje się nawet do



Rysunek 27 Uszkodzenie (defoliacja) drzewostanów w wybranych krajach Europy w 1995 r

/według: „Forest Condition in Europe", 1996 Report - opracowanie EKG/ONZ i UE/



Rysunek 28 Stan zdrowotny lasów w Polsce i w krajach sąsiednich
/według: „Forest Condition in Europe", 1996 Report - opracowanie EKG/ONZ i UE/

zasadzenia lasów. Degradacja gleb jest więc zjawiskiem bardzo poważnym obniżającym poziom życia milionów ludzi. Dane o gruntach zdewastowanych i zdegradowanych w Polsce, wymagających rekultywacji przedstawiono w tabeli 26 i na rysunku 29.

Tabela 26

Grunty zdewastowane i zdegradowane wymagające rekultywacji i zagospodarowania oraz grunty zrekultywowane i zagospodarowane

WYSZCZEGÓLNIENIE	1975	1980	1985	1990	1991	1992	1993	1994	1995
	w hektarach								
Grunty zdewastowane i zdegradowane[a)]	91660	109260	103724	93679	91695	90789	89495	89052	72245
Grunty zrekultywowane (w ciągu roku)	4480	4424	4690	2665	2145	2173	2245	2245	2698
w tym na cele: rolnicze	2494	3406	3327	1607	797	1233	913	1098	1028
leśne	768	482	698	521	547	535	505	534	1434
Grunty zagospodarowane (w ciągu roku)	3535	4332	3604	2264	1590	1295	1113	1389	1864
w tym na cele: rolnicze	2441	3268	2738	1545	1001	903	552	911	628
leśne	707	525	476	370	297	135	185	263	1213

a) Zaewidencjonowane w oparciu o kryteria i zasady określone w odpowiednich ustawach o ochronie gruntów rolnych i leśnych.

Źródło: dane Min. Rolnictwa i Gospodarki Żywnościowej do roku 1989 oraz 1995.



Rysunek 29 Grunty zdewastowane i zdegradowane wymagające rekultywacji i zagospodarowania w 1995 r. /Stan w dniu 31 XII/

3.4. Monitoring skażeń chemicznych i innych zanieczyszczeń gleb

W Polsce monitoring skażeń chemicznych i innych zanieczyszczeń gleb prowadzi się w oparciu o sieć krajową, sieć regionalną i sieć lokalną.

Sieć krajową monitoringu gleb tworzą:

- stanowiska pomiarowe zlokalizowane na gruntach ornych (210 stanowisk);
- stanowiska pomiarowe zlokalizowane na użytkach zielonych (40 stanowisk);
- stanowiska pomiarowe zlokalizowane w lasach (50 stanowisk).

Liczba stanowisk jest dostosowana do wielkości powierzchni występowania głównych typów gleb Polski: na glebach bielicowych - 40; glebach płowych - 81; glebach brunatnych - 62; czarnoziemach - 3; glebach czarnych - 12; rędzinach - 3; madach - 21; glebach murnowo - mineralnych - 3; glebach hydrogenicznych - 25. Wszystkie wymienione stanowiska znajdują się poza lasami. Około 40 stanowisk zlokalizowanych jest w strefach zanieczyszczeń słabych i 20% w strefach zanieczyszczeń średnich. Przy wyznaczaniu stanowisk pomiarowych uwzględniono reprezentatywność gleb oraz bliską odległość od stacji i posterunków pomiarowych.

Próby gleb pobiera się z każdego poziomu glebowego. Równocześnie pobiera się próby roślinne w otoczeniu profila gleby (z powierzchni około 100 m^2). Analizy laboratoryjne przeprowadza się oddzielnie dla gleby i materiału roślinnego.

W glebach oznacza się: skład granulometryczny (% części w mm), próchnicę (w %), zawartość $CaCO_3$ (w %), pH roztworu wodnego, kwasowość hydrolityczną, kwasowość wymienną, zawartość glinu ruchomego, sumę zasadowych kationów wymiennych (Ca, Mg, K, Na), zawartość węgla organicznego (utlenionego), przewodnictwo właściwe wyciągu wodnego, całkowitą zawartość S, Cu, Zn, Cd, Pb, Cr, Ni, Fe, Mn.

W próbach materiału roślinnego: suchą masę, siarkę ogólną, całkowitą zawartość Cu, Cd, Cr, Ni, Fe, Mn, Pb, Zn, As, B, Be, F, V, Hg, globalną aktywność beta (lub zawartość radionuklidów).

Pełny pomiar chemizmu gleb i roślin wykonuje się co 5 lat (na użytkach zielonych) lub co 10 lat (w lasach). Corocznie na tych samych stanowiskach (za wyjątkiem lasu) pobiera się próby z wierzchniej warstwy gleby (0-20 cm na gruntach ornych, 0-10 cm na użytkach zielonych) oraz próby mieszanego materiału roślinnego z powierzchni 100 km^2 (wokół stanowisk). Zakres corocznych badań laboratoryjnych jest znacznie zawężony. Obejmują one:

- w próbach glebowych: pH, przewodnictwo właściwe wyciągu wodnego, zawartość siarczanów, całkowitą zawartość Cu, Cd, Ni, Pb, As, F, Hg;
- w próbach materiału roślinnego: całkowitą zawartość Cu, Cd, Ni, Pb, As, F, Hg.

Badania chemizmu gleb i materiału roślinnego w sieci krajowej (na stanowiskach zlokalizowanych na użytkach rolnych) wykonują Stacje Chemiczno Rolnicze pod nadzorem merytorycznym Instytutu Upraw, Nawożenia i Gleboznawstwa w Puławach. Odpowiednie badania na stanowiskach zlokalizowanych na użytkach zielonych prowadzi Instytut Melioracji i Użytków Zielonych, a na stanowiskach zlokalizowanych w lasach Instytut Badawczy Leśnictwa.

Sieci regionalne monitoringu zanieczyszczeń gleb są tworzone przez Okręgowe Stacje Chemiczno - Rolnicze w oparciu o istniejącą sieć stanowisk pomiarowych zlokalizowanych w 826 przyzakładowych gospodarstwach rolnych. Wyznaczono 1084 stanowiska pomiarowe do badań chemicznej degradacji gleb oraz 45000 stanowisk pomiarowych do badania skażeń gleb metalami ciężkimi. Z wyznaczonych stanowisk pomiarowych pobiera się próbki do oznaczeń laboratoryjnych: gleby z powierzchni 1 ara (z poziomu orno - próchniczego z głębokości 0 - 20cm) oraz materiału roślinnego (próba mierzona z 1 ara). W profilach gleby oznacza się: pH, skład granulometryczny, zawartość procentową próchnicy, siarkę siarczanową, zawartość metali (Cu, Zn, Cd, Pb, Cr, Ni, Fe, Mn)

oraz globalną aktywność beta. W próbkach materiału roślinnego oznacza się takie wskaźniki jak: sucha masa, siarka, ogólna zawartość metali ciężkich (Cu, Zn, Cd, Pb, Cr, Ni, Fe, Mn) i globalną aktywność beta. W uzasadnionych wypadkach, w próbach roślin i gleby, oznacza się dodatkowo arsen, rtęć i inne pierwiastki charakterystyczne dla regionu. Wyniki pomiarów kontrolnych (w terenie) i laboratoryjnych są gromadzone i przetwarzane w Okręgowych Stacjach Chemiczno - Rolniczych, skąd są przesyłane do Wojewódzkich Inspektoratów Ochrony Środowiska oraz do Instytutu Upraw, Nawożenia i Gleboznawstwa, który prowadzi Krajową Bazę Monitoringu Gleb.

Sieci lokalne monitoringu zanieczyszczeń gleb określają wpływ zanieczyszczeń emitowanych przez zakłady pracy na jakość gleb. Uzupełnieniem pomiarów wykonywanych w oparciu o ustalone sieci pomiarowe są specjalistyczne akcje pomiarowe, organizowane dla rozpoznania specyficznych problemów związanych z zanieczyszczeniem gleb.

3.5. Przeciwdziałanie skażeniom gleb

Przeciwdziałanie skażeniom gleb polega na realizacji przedsięwzięć uniemożliwiających skażenie gleb bądź zmniejszających skutki zaistniałego skażenia. Do takich przedsięwzięć zalicza się:

- zmniejszanie emisji gazów i pyłów do atmosfery;
- zaniechanie lub zmniejszenie użycia substancji chemicznych w rolnictwie;
- odpowiednie składowanie, gospodarcze wykorzystanie i unieszkodliwianie odpadów.

Problemy związane ze zmniejszaniem emisji gazów i pyłów do atmosfery zostały przedstawione w podrozdziale 1.5, a problemy zmniejszania chemizacji rolnictwa w podrozdziale 2.5. Odpowiednie składowanie, gospodarcze wykorzystanie i unieszkodliwianie odpadów może być istotnym czynnikiem znacznie zmniejszającym zagrożenie gleb.

Gospodarcze wykorzystanie odpadów jest najskuteczniejszą metodą likwidacji ich uciążliwości. Stąd też jednostki organizacyjne i osoby fizyczne prowadzące działalność gospodarczą, w wyniku której powstają odpady, są zobowiązane chronić środowisko przez zanieczyszczeniem, niszczeniem lub innym ujemnym oddziaływaniem tych odpadów, uwzględniając w pierwszej kolejności ich gospodarcze wykorzystanie. Odpady mogą być wykorzystane do celów przemysłowych m.in. jako:

- surowce wtórne: metale żelazne i kolorowe, makulatura, szkło, kruszywo, itp.;
- środki do nawożenia w rolnictwie (np. komposty z odpadów miejskich, odpady przemysłu cukrowniczego, odpady z farm hodowlanych);
- surowce do produkcji półfabrykatów (z żużlu i popiołów lotnych, z odpadów przemysłu ceramicznego, drzewnego, tworzyw sztucznych itp.);
- materiał do budowy dróg i rekultywacji terenów (odpady przeróbcze kruszyw, żużle hutnicze, pyły lotne, odpady górnicze, komunalne, itp.).

Za gospodarczo wykorzystane odpady uważa się także odpady użyte do celów nieprzemysłowych tj. do niwelacji terenu, zapełnienia wyrobisk kopalnianych, niecek, dołów, itp. celów związanych z umiejscawianiem odpadów w środowisku. Do tego celu służą szczególnie odpady górnicze i skalne oraz energetyczne. Stopień gospodarczego wykorzystania odpadów mierzony jest wskaźnikiem wyrażającym w procentach stosunek odpadów wykorzystanych gospodarczo do ogólnej ilości odpadów wytwarzanych w danym okresie czasu (np. w ciągu roku).

Dane o zakładach przemysłowych, które w Polsce wykorzystują odpady, przedstawiono w tabeli 27.

Składowanie odpadów to powszechnie stosowana metoda postępowania z odpadami, których nie wykorzystano gospodarczo lub nie unieszkodliwiono. Odpady powinny być składowane w miejscach wyznaczonych na ten cel w planach zagospodarowania przestrzennego, w sposób zapewniający ochronę środowiska i interesy właścicieli oraz użytkowników sąsiednich nieruchomości.

Tabela 27

Zakłady przemysłowe według stopnia gospodarczego wykorzystania odpadów wytwarzanych w ciągu roku

WYSZCZEGÓLNIENIE	1975	1980	1986	1990	1995	1975	1995
	ogółem					w %	
Zakłady wytwarzające odpady	523	598	1257	1436	1214	100	100
w tym:							
wykorzystujące gospodarczo odpady	480	564	1177	1354	1150	91,8	94,7
według stopnia wykorzystania odpadów:							
5% i mniej	40	53	34	39	22	7,6	1,8
5 - 10	39	49	40	33	19	7,5	1,6
10 - 25	64	76	102	95	62	12,2	5,1
25 - 50	73	77	150	142	99	14,0	8,1
50 - 70	48	63	110	120	93	9,2	7,7
70 - 80	28	26	90	76	75	5,4	6,2
80 - 90	33	40	90	114	83	6,3	6,8
90 - 95	23	33	73	71	60	4,4	4,9
95 i więcej	132	147	488	664	637	25,2	52,5

Warunki i wymagania odnoszące się do ochrony środowiska w szczególności dotyczą:

- obowiązku utworzenia i zagospodarowania strefy ochronnej;
- warunków technicznych urządzenia składowiska;
- sposobu eksploatacji składowiska, w tym również ograniczeń w rodzajach składowanych odpadów, selektywnego składowania odpadów, sposobu izolowania odpadów, stopnia wykorzystania pojemności eksploatacyjnej składowiska;
- wykonania ekspertyzy;
- opracowania instrukcji eksploatacji składowisk;
- prowadzenia badań nad wpływem składowiska na stan czystości środowiska.

Jednostka organizacyjna zarządzająca składowiskiem odpadów jest zobowiązana m.in. do ewidencjonowania ilości i rodzajów odpadów przyjmowanych na składowisko, utrzymania i eksploatacji składowiska w sposób zapewnia-

jący zachowanie wymagań higieniczno - sanitarnych i ochrony środowiska, odmowy przyjęcia na składowisko odpadów o nieznanym składzie.

Sposób gromadzenia odpadów może być selektywny (gdy lokuje się odrębnie na wspólnym składowisku różne rodzaje odpadów) lub nie selektywny (gdy na wspólnym składowisku lokuje się różne odpady). Składanie odpadów ze względu na stosunek do powierzchni może być nadpoziomowe (na obiektach urządzonych na powierzchni) lub podpoziomowe (w wyrobiskach poeksploatacyjnych).

Do składowania poszczególnych odpadów przemysłowych służą m.in.:

- składowiska i wysypiska, na których są gromadzone odpady w formie stałej;
- stawy osadowe, w których gromadzone są odpady w formie uwodnionej;
- osadniki ziemne - umownie są to stawy osadowe o powierzchni powyżej 50 ha.

Odpady przemysłowe mogą być także składowane na wysypiskach komunalnych, gdzie gromadzone są odpady bytowe. Tereny składowania odpadów, których eksploatacja została zakończona, powinny być rekultywowane.

Dane statystyczne o zakładach przemysłowych, które w Polsce składują odpady przedstawiono w tabeli 28.

Unieszkodliwianie odpadów następuje poprzez poddanie ich obróbce powodującej zmianę ich cech fizycznych, chemicznych lub biologicznych. Procesowi temu poddaje się te odpady, które nie mogą być powtórnie wykorzystane ze względu na ich skład, stężenie lub właściwości, albo których powtórne wykorzystanie wymaga skomplikowanych zabiegów lub procesów technologicznych. Unieszkodliwianie może odbywać się poprzez:

- spalanie;
- pirolizę;
- kompostowanie;
- neutralizację chemiczną;

- reakcje utleniania;
- naświetlanie promieniowaniem nadfioletowym.

Tabela 28

Zakłady przemysłowe według stopnia składowania odpadów wytwarzanych w ciągu roku

WYSZCZEGÓLNIENIE	1975	1980	1986	1990	1995	1975	1995
	ogółem					w %	
Zakłady wytwarzające odpady	523	598	1257	1436	1214	100	100
w tym:							
składujące odpady	410	490	845	841	626	78,4	51,6
według stopnia składowania odpadów:							
5% i mniej	33	53	110	105	93	6,3	7,7
5 - 10	23	32	71	75	59	4,4	4,8
10 - 25	48	51	139	152	120	9,2	9,9
25 - 50	57	71	155	149	118	10,9	9,7
50 - 70	51	61	103	106	68	9,7	5,6
70 - 80	36	32	69	53	36	6,9	3,0
80 - 90	48	57	65	59	36	9,2	3,0
90 - 95	39	48	34	32	16	7,5	1,3
95 i więcej	75	85	99	110	80	14,3	6,6

Dane statystyczne o zakładach przemysłowych, które w Polsce unieszkodliwiają odpady przedstawiono w tabeli 29.

Tabela 29

Zakłady przemysłowe według stopnia unieszkodliwiania odpadów wytwarzanych w ciągu roku

WYSZCZEGÓLNIENIE	1975	1980	1986	1990	1995	1975	1995
	ogółem					w %	
Zakłady wytwarzające odpady	523	598	1257	1436	1214	100	100
w tym:							
unieszkodliwiające odpady	59	50	93	104	94	11,3	7,7
według stopnia unieszkodliwiania odpadów:							
5% i mniej	29	22	30	35	34	5,6	2,8
5 - 10	3	11	12	18	12	0,6	1,0
10 - 20	11	6	11	14	11	2,1	0,9
20 - 30	6	3	9	6	7	1,1	0,5
30 i więcej	10	8	31	31	30	1,9	2,5

Spalanie to nic innego jak proces mineralizacji odpadów w specjalnie do tego celu zbudowanych spalarniach. Unieszkodliwia się w ten sposób odpady komunalne oraz wiele rodzajów odpadów przemysłowych. Dotyczy to w szczególności odpadów zawierających węglowodory, fenole, cyjanki, żywice, związki metaloorganiczne a także odpadów pochodzenia zwierzęcego, zawierających organizmy chorobotwórcze. W procesie spalania objętość odpadów zmniejsza się o około 90%, a masa o około 70%. Spalanie odpadów to metoda znana jeszcze z XIX stulecia. Stare spalarnie zostały jednakże zamknięte ze względu na to, że nie spełniały wymogów związanych z obecnymi normami czystego powietrza.

W nowoczesnych spalarniach odpady najpierw się segreguje, usuwając materiały niepożądane oraz oddzielając złom, który jest wykorzystywany w hutnictwie. W toku spalania wydziela się energia, która z reguły jest wykorzystana do produkcji energii elektrycznej bądź gorącej pary wodnej do celów ogrzewczych. Proces taki nazywany jest kogeneracją. Ujemne strony tej metody to wysokie koszty budowy spalarni oraz jej eksploatacji (wymagane jest zużycie dużej ilości paliw płynnych). Poza tym podczas spalania ulatniają się do atmosfery produkty gazowe zanieczyszczające powietrze. W popiołach powstałych po spaleniu odpadów wykryto obecność furanów i dioksyn - substancji trujących podejrzewanych o powodowanie nowotworów oraz znaczne ilości toksycznych metali.

Piroliza (odgazowanie) to proces przeróbki odpadów polegający na ich podgrzaniu do około 500 ^{o}C (w przypadku pirolizy niskotemperaturowej) lub około 800 ^{o}C (w przypadku pirolizy wysokotemperaturowej), bez dostępu powietrza, w specjalnych urządzeniach (np. bębnach obrotowych, piecach fluoidalnych). W rezultacie następuje rozkład odpadów. Pary i gaz zostają oddzielone, otrzymuje się stałą pozostałość podobną do koksu. Piroliza to proces kosztowny i stosowany w niewielkim zakresie.

Kompostowanie to tlenowa, beztermiczna metoda przeróbki odpadów, w wyniku której otrzymuje się kompost, będący cennym nawozem organicznym. Zawiera bowiem około 50% substancji organicznej oraz mineralne składniki pokarmowe potrzebne roślinom i mikroorganizmy wzbogacające mikroflorę i mikrofaunę w glebie. Kompostowanie odpadów komunalnych i niektórych przemysłowych w naszych warunkach ma dużo plusów, przede wszystkim ze względu na przydatność ich do kompostowania oraz duże zapotrzebowanie rolnictwa na nawozy.

Neutralizacja chemiczna (zakwaszanie, alkalizowanie), reakcje utleniania (chlorowanie, wapnowanie, ozonowanie) oraz naświetlanie promieniowaniem nadfioletowym to metody unieszkodliwiania odpadów współcześnie znane, ale nie znajdujące dotąd szerokiego zastosowania.

WYKAZ TABEL

Tabela 1 Skład chemiczny troposfery 7

Tabela 2 Dopuszczalne stężenia substancji zanieczyszczających powietrze... 11

Tabela 3 Całkowita emisja zanieczyszczeń powietrza 15

Tabela 4 Emisja do atmosfery zanieczyszczeń gazowych w Polsce 16

Tabela 5 Całkowita emisja dwutlenku siarki 17

Tabela 6 Emisja tlenków siarki według źródeł w latach 1980-1993 17

Tabela 7 Całkowita emisja dwutlenku azotu w Polsce 20

Tabela 8 Emisja tlenków azotu według źródeł w latach 1980-1993 20

Tabela 9 Emisja pyłów w Polsce 23

Tabela 10 Emisja pyłów w wybranych krajach według źródeł w latach 1980-93 23

Tabela 11 Emisja do atmosfery zanieczyszczeń pyłowych w na przestrzeni lat w Polsce 24

Tabela 12 Wpływ metali ciężkich na zdrowie człowieka 29

Tabela 13 Emisja gazów cieplarnianych w Polsce w 1992 r. 32

Tabela 14 Emisja gazów cieplarnianych 33

Tabela 15 Przewidywane lokalne zmiany klimatyczne 39

Tabela 16 Wartości wskaźników zanieczyszczeń śródlądowych wód powierzchniowych 72

Tabela 17 Warunki organoleptyczne i fizyczno - chemiczne jakim powinna odpowiadać woda do picia i na potrzeby gospodarcze 73

Tabela 18 Warunki bakteriologiczne jakim powinna odpowiadać woda do picia i na potrzeby gospodarcze 74

Tabela 19 Stan czystości rzek w latach 1964 - 1990 84

Tabela 20 Stan czystości rzek objętych kontrolą monitoringu podstawowego w latach 1990-1995 85

Tabela 21 Ocena podatności na degradację jezior badanych w latach 1974-1994 88

Tabela 22 Stan czystości jezior badanych w latach 1974-1994 89
Tabela 23 Graniczne zawartości (w mg/kg) metali ciężkich w powierzchniowej warstwie (0-20 cm) gleb o różnym stopniu zanieczyszczenia 112
Tabela 24 Zakłady przemysłowe decydujące o zagrożeniu środowiska odpadami 114
Tabela 25 Odpady przemysłowe nagromadzone i wytworzone według rodzajów 116
Tabela 26 Grunty zdewastowane i zdegradowane wymagające rekultywacji i zagospodarowania oraz grunty zrekultywowane i zagospodarowane 122
Tabela 27 Zakłady przemysłowe według stopnia gospodarczego wykorzystania odpadów wytwarzanych w ciągu roku 127
Tabela 28 Zakłady przemysłowe według stopnia składowania odpadów wytwarzanych w ciągu roku 129
Tabela 29 Zakłady przemysłowe według stopnia unieszkodliwiania odpadów wytwarzanych w ciągu roku 129

WYKAZ RYSUNKÓW

Rysunek 1 Warstwy atmosfery ziemskiej i temperatura powietrza na różnych wysokościach 6
Rysunek 2 Źródła skażeń chemicznych atmosfery 12
Rysunek 3 Rodzaje substancji chemicznych emitowanych do atmosfery..... 14
Rysunek 4 Bilans emisji głównych zanieczyszczeń powietrza w Polsce w 1994 r. 16
Rysunek 5 Emisja dwutlenku siarki według województw w 1995 r..... 18
Rysunek 6 Emisja przemysłowych zanieczyszczeń powietrza według województw w 1995 r..... 25
Rysunek 7 Proces powstawania efektu cieplarnianego 34
Rysunek 8 Wpływ poszczególnych gazów na „efekt szklarniowy"..... 36
Rysunek 9 Zmiany średniej globalnej temperatury w ciągu ostatnich 120 lat. 37
Rysunek 10 Symulacja komputerowa przewidywanych zmian temperaturowych Ziemi będących wynikiem emisji gazów wzmagających efekt cieplarniany..... 38
Rysunek 11 Symulacja komputerowa przewidywanych zmian poziomu powierzchni oceanów zachodzących pod wpływem wzrostu temperatury na Ziemi. 40
Rysunek 12 Związek pomiędzy koncentracją freonów w atmosferze a zanikiem ozonu (wg Lean, Hinrichsen, Markham 1991) 44
Rysunek 13 Najpowszechniej używane związki wpływające na destrukcję warstwy ozonowej. 45
Rysunek 14 Średnie miesięczne całkowitej zawartości ozonu w atmosferze ... 48
Rysunek 15 Odchylenia średnich miesięcznych całkowitej zawartości ozonu w 1995 r. od średniej z lat 1963-1994 48
Rysunek 16 Wykorzystanie w Polsce substancji zubażających warstwę ozonową w latach 1993 i 1994 49

Rysunek 17 Struktura wykorzystania w Polsce substancji zubożających warstwę ozonową w 1994 r. 49
Rysunek 18 Zasadnicze źródła skażeń chemicznych wód 75
Rysunek 19 Jakość wód płynących kontrolowanych według kryterium fizyko-chemicznego w latach 1964 - 1995 86
Rysunek 20 Ogólna klasyfikacja jakości wód w 1995 r..... 87
Rysunek 21 Podział wykorzystywanych zasobów wodnych w 1995 r..... 100
Rysunek 22 Ścieki wymagające oczyszczania odprowadzane do wód powierzchniowych w latach 1970-1995..... 100
Rysunek 23 Stopień oczyszczania ścieków w Polsce w 1995 r..... 101
Rysunek 24 Zasadnicze źródła skażeń chemicznych gleb 108
Rysunek 25 Odpady przemysłowe uciążliwe dla środowiska w latach 1975-1995 115
Rysunek 26 Odpady przemysłowe uciążliwe dla środowiska nagromadzone na terenach zakładów według województw w 1995 r. 115
Rysunek 27 Uszkodzenie (defoliacja) drzewostanów w wybranych krajach Europy w 1995 r /według: „Forest Condition in Europe", 1996 Report - opracowanie EKG/ONZ i UE/ 120
Rysunek 28 Stan zdrowotny lasów w Polsce i w krajach sąsiednich /według: „Forest Condition in Europe", 1996 Report - opracowanie EKG/ONZ i UE/ 121
Rysunek 29 Grunty zdewastowane i zdegradowane wymagające rekultywacji i zagospodarowania w 1995 r. /Stan w dniu 31 XII/..... 122

SPIS LITERATURY

1. Barnier M., Atlas wielkich zagrożeń, ekologia, środowisko, przyroda, Wydawnictwo Naukowo - Techniczne, Warszawa 1995;
2. Definicje pojęć z zakresu ochrony środowiska, GUS Warszawa 1993;
3. Dziewański J., Encyklopedyczny słownik sozologiczny (ochrony środowiska), Wydawnictwo CPPGSMiE PAN Warszawa 1993;
4. Folmer H., Gabel L., Opschoor H., Ekonomika środowiska i zasobów naturalnych, Wydawnictwo Krupski i Ska, Warszawa 1996.
5. Głowiak B., Kempa E., Winnicki J., Podstawy ochrony środowiska, PIWN, Warszawa 1985;
6. Górka K., Poskrobko B., Radecki W., Ochrona Środowiska. Problemy społeczne, ekonomiczne i prawne, Państwowe Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa 1995;
7. Grzesica J., Ochrona środowiska naturalnego człowieka, Księgarnia św. Jacka, Katowice 1993;
8. Informacje i opracowania statystyczne, Ochrona Środowiska 1996, Główny Urząd Statystyczny, Warszawa 1997;
9. Kalinowska A., Ekologia - wybór przyszłości, Edition Spotkania, Warszawa 1994;
10. Karski B., Pawlak J., Środowisko i Zdrowie, Centrum Organizacji i Ekonomiki Ochrony Zdrowia, Warszawa 1995;
11. Keating M., Szczyt Ziemi. Globalny program działań. MOSZNiL, Agencja Informacyjna „GEA" Warszawa 1993;
12. Konwencja wiedeńska o ochronie warstwy ozonowej sporządzona w Wiedniu 22 marca 1985 roku (Dz. U. nr 98 poz. 488 1992r);
13. Kozłowski St., Droga do ekorozwoju, PWN Warszawa 1994;
14. Kozłowski St., Gospodarka a środowisko przyrodnicze, PWN Warszawa 1991;

15. Kozłowski St., Rio. Szczyt Ziemi. Początek ery ekologicznej, Biblioteka Ery Ekologicznej, wyd. Akapit Press Łódź 1993;
16. Maciejowski M., Leksykon ochrony środowiska, Fundacja Ecobaltic, Gdańsk 1995;
17. Mierzwiński A., 1000 słów o ekologii i ochronie środowiska, Wydawnictwo Bellona, Warszawa 1991;
18. Mierzwiński A., Państwowy monitoring środowiska, wyd. AON, MOSZNiL Warszawa 1994;
19. Oświadczenie rządowe z dnia 25 maja 1992 roku w sprawie przystąpienia Rzeczypospolitej Polskiej do Konwencji Wiedeńskiej o ochronie warstwy ozonowej sporządzonej w Wiedniu dnia 22 maja 1985 roku (Dz. U. nr 98 poz. 489 1992r);
20. Oświadczenie rządowe z dnia 26 maja 1992 roku w sprawie przystąpienia Rzeczypospolitej Polskiej do Protokołu Montrealskiego w sprawie substancji zubożających warstwę ozonową sporządzonego w Montrealu dnia 16 września 1987 roku (Dz. U. Nr 98 poz. 491 z 1992r);
21. Parker S., Corbitt R., McGraw-tull, Encyclopedia of Environmental Science and Engineering, Nowy Jork 1993;
22. Pietraś M., Bezpieczeństwo ekologiczne w Europie, Wydawnictwo Uniwersytetu Marii Curie Skłodowskiej, Lublin 1996;
23. Prandecka B., Interdyscyplinarne podstawy ochrony środowiska przyrodniczego, kompendium do nauczania i studiowania, Wydawnictwo Zakład Narodowy im Ossolińskich, Wrocław - Warszawa - Kraków 1993;
24. Program państwowego monitoringu środowiska, Biblioteka Monitoringu Środowiska, PIOS Warszawa 1992;
25. Protokół Montrealski w sprawie substancji zubożających warstwę ozonową sporządzony w Montrealu dnia 16 września 1987 roku (Dz. U. Nr 98 poz. 490 z 1992r);

26. Rozporządzenie Ministra Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa z dnia 12 lutego 1996 r w sprawie ochrony powietrza przed zanieczyszczeniem (Dz. U. Nr 15 poz. 92);
27. Rozporządzenie Ministra Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa z dnia 5 listopada 1991 r w sprawie klasyfikacji wód oraz warunków jakim powinny odpowiadać ścieki wprowadzane do wód lub do Ziemi (Dz. U. Nr 116 poz. 503);
28. Siemiński M., Fizyka zagrożeń środowiska, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 1994;
29. Siuta J., Gleba diagnozowanie stanu i zagrożenia, Instytut Ochrony Środowiska, Warszawa 1995;
30. Symonowicz A., Użytkowanie i ochrona środowiska, wyd. SGPIS Warszawa 1988
31. Ustawa z dnia 22 lipca 1991 r o Państwowej Inspekcji Ochrony Środowiska (Dz. U. Nr 77 poz. 335);
32. Wajda S., Żurek J., Zapobieganie nadzwyczajnym zagrożeniom środowiska, wyd. Instytutu Ochrony Środowiska, Warszawa 1994;
33. Wojciechowski I., Ekologiczne podstawy kształtowania środowiska, PWN Warszawa 1987;
34. Zakrzewski S. F., Podstawy toksykologii środowiska, PWN Warszawa 1995;
35. Zbiorowe, Atlas zasobów, walorów i zagrożeń środowiska geograficznego Polski, Agencja Reklamowo - Wydawnicza A. Grzegorczyk, Warszawa 1994;
36. Zespół redakcyjny, Udział wojska w Państwowym Monitoringu Środowiska cz. II, Biblioteka Monitoringu Środowiska, Warszawa 1995;

SPIS TREŚCI

WSTĘP 3
1. SKAŻENIA CHEMICZNE ATMOSFERY 5
1.1. Ogólna charakterystyka atmosfery ziemskiej 5
1.2. Środki i mechanizmy skażeń chemicznych atmosfery 10
1.3. Skutki skażeń chemicznych atmosfery 26
1.4. Monitoring zanieczyszczeń powietrza 50
1.5. Przeciwdziałanie skażeniom atmosfery 55
2. SKAŻENIA CHEMICZNE WÓD 68
2.1. Ogólna charakterystyka wód 68
2.2. Źródła i mechanizmy skażeń chemicznych (zanieczyszczeń) wód 74
2.3. Skutki skażeń chemicznych wód 83
2.4. Monitoring skażeń chemicznych i innych zanieczyszczeń wód powierzchniowych i osadów wodnych 92
2.5. Przeciwdziałanie zanieczyszczeniom chemicznym i innym zanieczyszczeniom wód 97
3. SKAŻENIA CHEMICZNE GLEB 103
3.1. Ogólna charakterystyka gleb 103
3.2. Źródła i mechanizmy skażeń chemicznych gleb 106
3.3. Skutki skażeń chemicznych gleb 117
3.4. Monitoring skażeń chemicznych i innych zanieczyszczeń gleb 123
3.5. Przeciwdziałanie skażeniom gleb 125
WYKAZ TABEL 132
WYKAZ RYSUNKÓW 134
SPIS LITERATURY 136

Druk AON nr 406/WW

BIBLIOTEKA GŁÓWNA - ARCHIWUM
50155
Akademii Obrony Narodowej