

ZMIANY CHARAKTERU ZBIOROWISK ŁĄKOWYCH SPOWODOWANE DŁUGOTRWAŁYM ODDZIAŁYWANIEM PRZEMYSŁOWYCH ZANIECZYSZCZEŃ POWIETRZA

Maria Świeboda, Lidia Dąbrowska

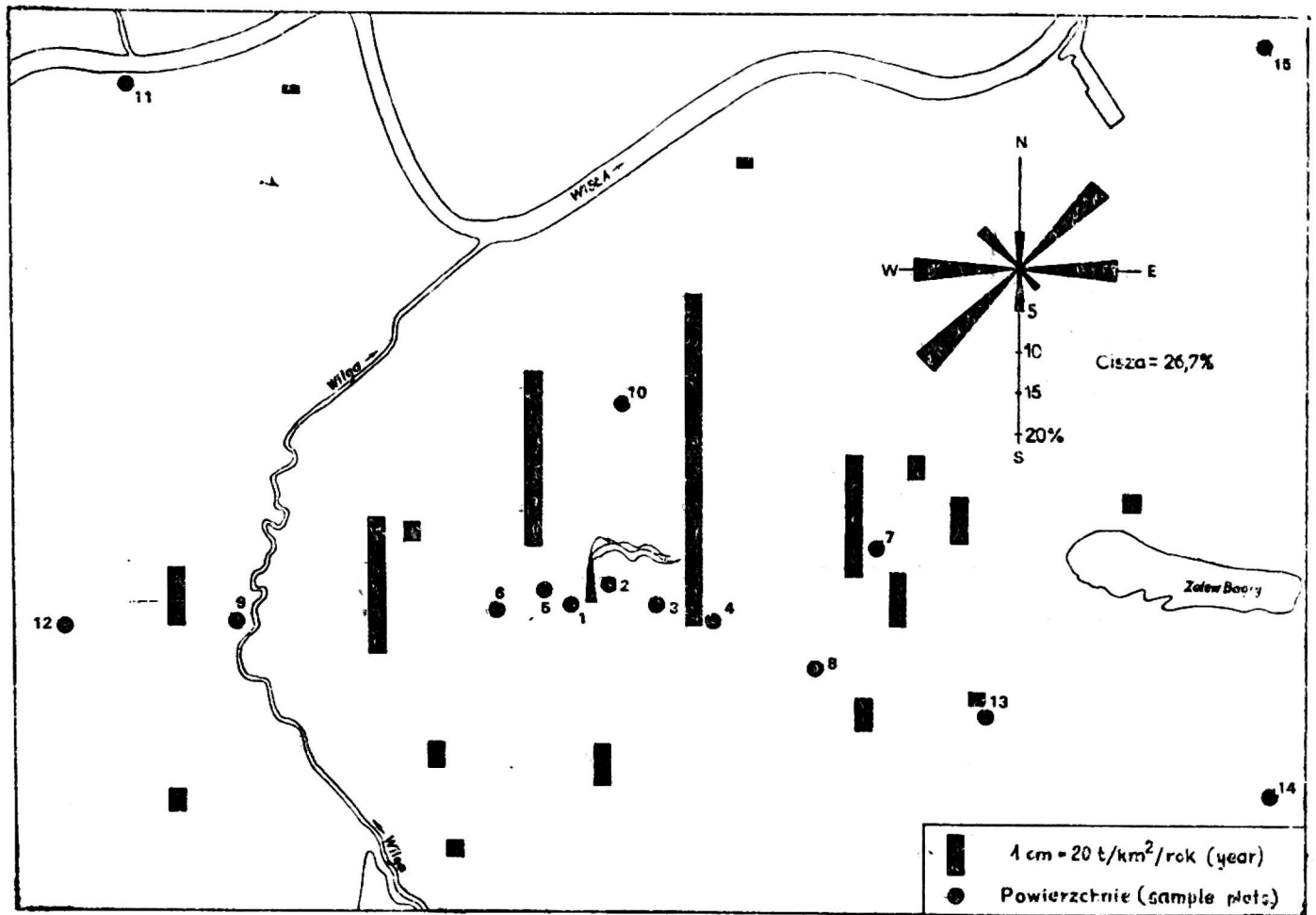
Zakład Ochrony Przyrody Polskiej Akademii Nauk w Krakowie
Instytut Uprawy Roli i Roślin Akademii Rolniczej w Krakowie

Badania dotyczące przemian zachodzących w zbiorowiskach łąkowych pod wpływem emisji przemysłowej prowadzono w otoczeniu fabryki supertomasyny „Bonarka” w Krakowie. Fabryka ta została uruchomiona w 1948 r., a po 25-letniej, nieprzerwanej działalności, zmieniono jej profil produkcyjny. Szkodliwym dla roślin składnikiem pyłów odlotowych przy produkcji supertomasyny była soda kalcynowana, zaś po zmianie charakteru produkcji są związki fluoru.

Pierwsze badania ilościowego i jakościowego składu florystycznego łąk świeżych zostały przeprowadzone w latach 1965-67 [1], a następnie ponowiono je w 1972 r. [2]. Celem tych ostatnich badań było zarejestrowanie stanu roślinności w końcowym okresie oddziaływania emisji fabryki supertomasyny. Uzyskane w ten sposób wyniki umożliwiają porównanie ze stanem poprzednim oraz stanowią podstawę do dalszych badań roślinności łąkowej w związku z następczym oddziaływaniem związków fluoru. Ponadto poczynione wieloletnie obserwacje w otoczeniu omawianej fabryki pozwalają na prześledzenie kierunku zmian w zbiorowiskach roślinnych znajdujących się w strefie wysokiego opadu pyłów przemysłowych.

Najbardziej narażone na szkodliwe oddziaływanie emisji „Bonarki” są tereny położone najbliżej kominów oraz na osi dominujących kierunków wiatru. Przeważający udział wiatrów zachodnich powoduje zwiększenie zapylenia łąk położonych od strony odwietrznej w stosunku do źródła emisji. Stąd też najwyższy opad pyłów, wynoszący średnio 266 t/km² w ciągu roku zanotowano w pobliżu fabryki (rys. 1).

Powierzchnie obserwacyjne zlokalizowano w odległości 200-3000 m w stosunku do emitora, a zatem znajdują się one pod wpływem różnego



Rys. 1. Ogólny roczny opad pyłów w t/km² zanotowany w punktach pomiarowych oraz rozmieszczenie powierzchni obserwacyjnych. Różę wiatrów wykreślono na podstawie danych z 1972 roku pochodzących z Obserwatorium Astronomicznego w Krakowie

stopnia zapylenia. Z tego też względu ustalone powierzchnie zaliczono umownie do czterech stref zagrożenia.

strefa	I	II	III	IV
powierzchnie	1, 2	3, 4, 5, 6	7, 8, 9	10, 11, 12, 13, 14, 15

Na każdej z tych powierzchni przeprowadzono analizę fitosocjologiczną oraz określono warunki glebowe. Badane próby gleby to przeważnie gliny oraz piaski gliniaste. Najbardziej alkaliczny odczyn (od 7,5 do 8,1 pH w KCl) wykazują gleby z powierzchni 1-4, położonych w strefie wysokiego opadu pyłów przemysłowych. Na wzrost alkaliczności tych gleb duży wpływ wywiera zawartość sodu dochodząca do 120 mg Na₂O/100 g gleby, na powierzchni 1. Na pozostałych powierzchniach strefy I i II zawartość Na₂O jest również stosunkowo wysoka, gdyż waha się od 12,0 do 47,2 mg/100 g gleby. Natomiast w strefach III i IV ilość sodu jest znacznie niższa i wynosi od 1,5 do 6,0 mg/100 g gleby. Wskazywałoby to, że sól występujący w emisji przemysłowej opada raczej w pobliżu kominów, w tym przypadku do odległości około 500 m.

Tabela 1

Skład florystyczny zbiorowisk badanych powierzchni (50 m²) w otoczeniu „Bonarki”

Nr powierzchni	I			II			III			IV					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Strefa	30 V 31 V			31 V 30 V			5 VI 31 V			1 VI 2 VI			1 VI 2 VI 6 VI		
Data	1972 r.														
Pokrycie roślinności w %	100	98	90	100	90	95	95	98	95	95	98	98	98	90	90
Liczba gatunków roślin naczyniowych	1	4	11	13	16	22	25	36	33	33	35	48	37	31	42

Ch. Arrhenatherum elatioris :*Arrhenatherum elatius**Tragopogon orientalis**Daucus carota**Geranium pratense**Pastinaca sativa**Bromus mollis**Ch. Arrhenatherion* :*Crepis biennis**Trisetum flavescens**Heracleum sphondylium**Pimpinella maior**Knautia arvensis**Campanula patula*

<i>Ch. Arrhenatherum elatioris</i> :	.	.	.	3.3	3.3	2.2	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.2	3.3	3.2	3.2	4.4	4.4
<i>Arrhenatherum elatius</i>	.	.	.	+	+	+	1.2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Tragopogon orientalis</i>	.	.	.	.	.	.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Daucus carota</i>	.	.	.	.	.	.	2.3	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Geranium pratense</i>	.	.	.	.	.	.	1.1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Pastinaca sativa</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Bromus mollis</i>	.	.	.	.	.	.	.	+.2	.	.	.	.	1.2	+.2	.	.	+.2
<i>Ch. Arrhenatherion</i> :	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Crepis biennis</i>	.	.	.	+	+	1.1	1.2	2.2	2.1	1.1	1.1	1.1	1.1	2.1	2.2	2.1	2.1
<i>Trisetum flavescens</i>	.	.	.	.	.	.	2.2	.	3.2	2.2	.	.	4.3	.	3.2	2.2	2.2
<i>Heracleum sphondylium</i>	.	.	.	.	.	.	1.2	1.2	2.2	+	+	+	1.1	1.2	+.2	+	+
<i>Pimpinella maior</i>	.	.	.	.	.	.	.	2.2	.	.	+	+	1.1	.	.	.	1.1
<i>Knautia arvensis</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	1.1	.	.	.	+
<i>Campanula patula</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1.1	.	.	.	+

Skład florystyczny badanych powierzchni przedstawia tabela 1. Są to zbiorowiska łąk świeżych klasy *Molinio-Arrhenatheretea* i rzędu *Arrhenatheretalia* o różnym stopniu degradacji, zmieniające się wraz ze wzrostem odległości od zakładu przemysłowego, a tym samym zmniejszaniem się ilości opadających pyłów.

W strefie I, obejmującej powierzchnie położone najbliżej kominów fabryki (odległość około 200 m), panującym gatunkiem jest *Agropyron repens* (tab. 1). Tworzy on tutaj rozległe, jednogatunkowe łąny, w skład których tylko niekiedy wchodzi sporadycznie *Artemisia vulgaris* i *Cirsium arvense*.

Na powierzchniach strefy II, znajdujących się w odległości około 500 m od źródła emisji, zbiorowiska roślinne stają się ilościowo bogatsze w gatunki. Obok perzu właściwego, który posiada nieco niższy współczynnik pokrywania i gatunków wymienionych w strefie I, występują *Puccinellia distans*, *Arctium lappa*, *Convolvulus arvensis*, *Tussilago farfara*, *Taraxacum officinale* oraz takie trawy łąkowe, jak *Arrhenatherum elatius*, *Dactylis glomerata*, *Poa pratensis*, *P. trivialis*, *Festuca pratensis* i *F. rubra*.

W obrębie tej strefy obserwuje się pewne zróżnicowanie co do składu gatunkowego badanych zbiorowisk. Powierzchnie 3 i 4, położone w kierunku wschodnim od zakładu przemysłowego (strona odwietrzna), są bardziej narażone na wpływ zapylenia niż powierzchnie 5 i 6 znajdujące się od strony zawietrznej. Stąd też w zbiorowiskach tych dwóch ostatnich powierzchni, a zwłaszcza powierzchni 6, wzrasta udział gatunków łąkowych. Występują tu liczniej takie rośliny, jak *Geranium pratense*, *Pastinaca sativa* i *Crepis biennis*. Obecność wymienionych roślin sprawia, że powierzchnia ta nawiązuje swoim charakterem florystycznym do zbiorowisk stref następnych.

Łąki strefy III znajdują się pod wpływem znacznie niższego zapylenia (do 100 t/km²/rok), a strefy IV położone są na terenach stosunkowo „czystych”, do których pyły fabryki supertomasyny docierają w ilościach poniżej 25 t/km² w ciągu roku. Pod względem składu florystycznego są to zbiorowiska łąk świeżych z udziałem gatunków charakterystycznych dla niższych jednostek fitosocjologicznych w obrębie klasy *Molinio-Arrhenatheretea*. Pomiędzy zbiorowiskiem powierzchni stref III i IV zaznaczają się pewne różnice jakościowe, a mianowicie w tej ostatniej liczniejsze jest występowanie roślin motylkowatych, np. *Trifolium dubium*, *T. pratense*, *Vicia cracca*, *Lathyrus pratensis* oraz niektórych innych gatunków dwuliściennych.

Na podstawie przedstawionych danych oraz kilkuletnich obserwacji można było określić kierunek zmian zachodzących w badanych zbiorowiskach roślinnych najbliższego otoczenia fabryki supertomasyny. W stre-

fię wysokiego opadu pyłów przemysłowych zachodzi szybko postępująca sukcesja takich gatunków, jak *Puccinellia distans* i *Agropyron repens*.

Puccinellia distans opanowuje przede wszystkim tereny położone od strony odwietrznej, najbardziej narażone na wysoki opad pyłów „Bonarki”. Roślina ta wkracza jako pierwsza na gleby wykazujące najbardziej alkaliczny odczyn oraz dużą zawartość sodu. Są to zazwyczaj miejsca świeżo splantowane albo opuszczone przez rośliny nie znoszące zasolenia. W pierwszym stadium opanowywania terenu mannica odstająca tworzy luźne kępki, lecz rozrastając się szybko już w następnym roku wykształca duże płaty. Okres utrzymywania się jednogatunkowych skupień *Puccinellia distans* nie trwa jednak długo (2-3 lata). W ślad za nią wchodzi *Agropyron repens* i wkrótce wypiera mannice odstającą z zajmowanych wcześniej stanowisk. Stąd też obserwowano, jako następne stadium sukcesji, występowanie obok siebie niewielkich płatów tych dwóch gatunków. *Agropyron repens* jako roślina bardziej ekspansywna, w niedługim czasie zagłusza mannice odstającą, która stopniowo schodzi na pozycję rośliny ustępującej, by w końcu utrzymać się jedynie na obrzeżach jednogatunkowych płatów perzu właściwego.

Nieco inaczej przedstawia się kierunek zmian w zbiorowiskach roślinnych znajdujących się po zachodniej stronie kominów fabryki. Tutaj nie obserwowano stadium z *Puccinellia distans* (być może miało ono miejsce wcześniej), a spotkano się już z dobrze wykształconą monokulturą perzu właściwego. *Puccinellia distans* występowała w tym czasie jedynie na skrajach zbiorowisk *Agropyron repens*, co wskazywałoby na końcową fazę konkurencji tych dwóch gatunków.

Na przestrzeni kilku lat zauważono, że płaty perzu właściwego powiększają coraz to bardziej swoją powierzchnię kosztem użytków zielonych. *Agropyron repens* wkracza agresywnie do zbiorowisk łąkowych, z których wypiera gatunki „słabsze”. Jego ekspansja nie kończy się nawet wtedy, gdy jest on już w danym zbiorowisku łąkowym gatunkiem dominującym lecz dąży do wytworzenia monokultury. Przykładem tych zmian są wybrane zdjęcia florystyczne wykonane na tych samych powierzchniach w latach 1966 i 1972.

	1966 r.	1972 r.
<i>Agropyron repens</i>	5.5	5.5
<i>Dactylis glomerata</i>	+ .2	+ .2
<i>Arrhenatherum elatius</i>	+ .2	+ .2
<i>Artemisia vulgaris</i>	+ .2	+
<i>Festuca pratensis</i>	+ .2	.
<i>Poa pratensis</i>	+ .2	.
<i>Lolium perenne</i>	+ .2	.

<i>Taraxacum officinale</i>	+ .2	.
<i>Tragopogon orientalis</i>	+ .2	.
<i>Achillea millefolium</i>	+ .2	.
<i>Sonchus arvensis</i>	+	.
<i>Equisetum arvense</i>	+	.

Z przedstawionych zdjęć wynika, że w roku 1966 w omawianym zbiorowisku występowało jeszcze szereg gatunków łąkowych, a w parę lat później pozostały z nich tylko najbardziej wytrwałe, takie jak *Dactylis glomerata* i *Arrhenatherum elatius*. Przepuszczalnie w niedługim czasie znikną i one, a perz właściwy stanie się jedynym gatunkiem w tym zbiorowisku.

Zmiany te obserwowano w miejscu otwartym, położonym w strefie wysokiego zapylenia, mniej więcej w odległości 300 m od źródła emisji w kierunku wschodnim. Natomiast w miejscach osłoniętych, a więc w mniejszym stopniu narażonych na szkodliwe oddziaływania zanieczyszczeń przemysłowych, wnikanie perzu właściwego w zbiorowiska łąkowe z rajgrasem wyniosłym nie zachodzi tak intensywnie. Ilustrują to następujące zdjęcia fitosocjologiczne:

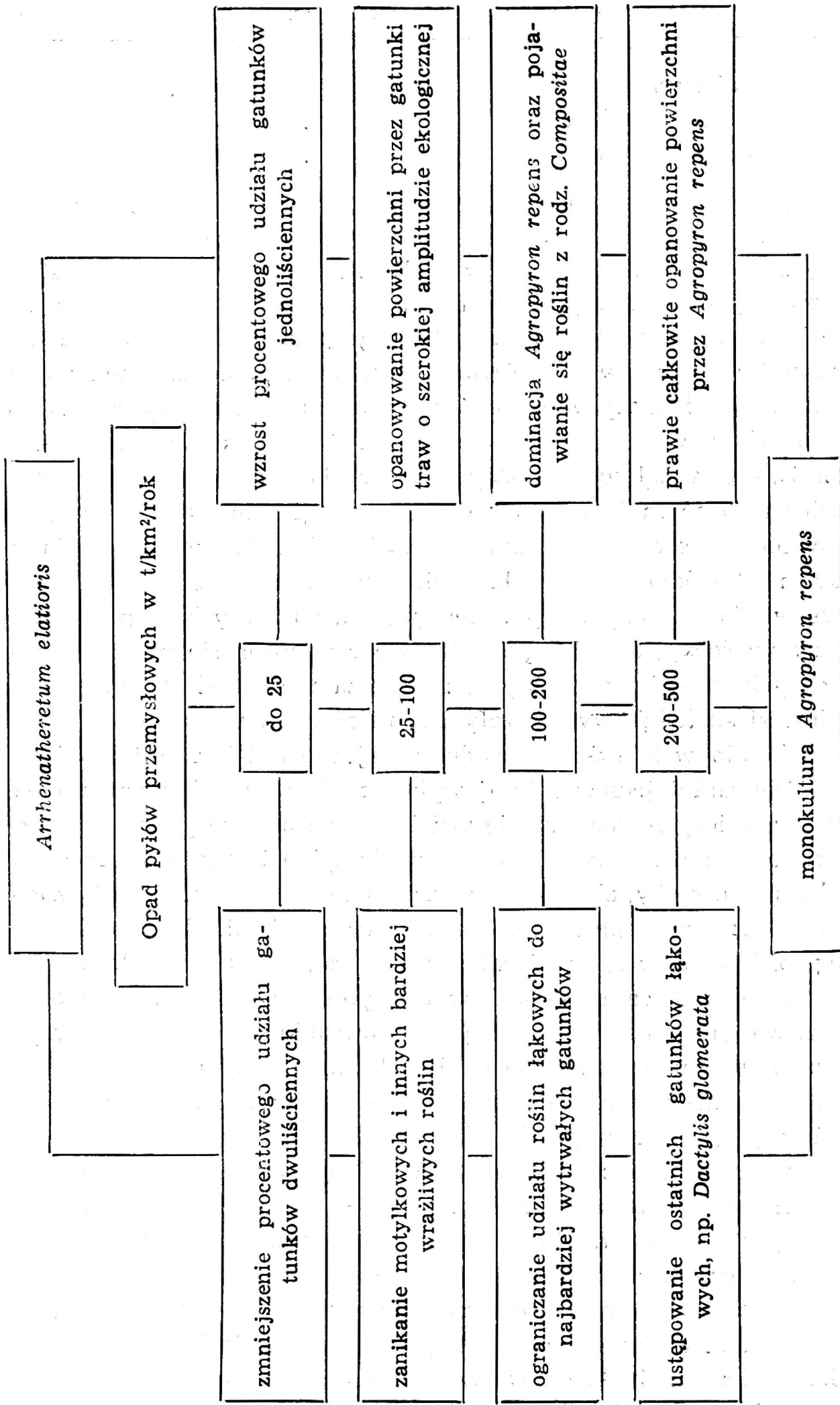
	1966 r.	1972 r.
<i>Ch. Arrhenatheretum elatioris</i>		
<i>Arrhenatherum elatius</i>	5.5	2.2
<i>Bromus mollis</i>	+ .2	.
<i>Daucus carota</i>	+	.
<i>Tragopogon orientalis</i>	+	.
<i>Ch. Arrhenatherion</i>		
<i>Pimpinella maior</i>	1.2	.
<i>Trisetum flavescens</i>	+ .2	.
<i>Ch. Arrhenatheretalia</i>		
<i>Achillea millefolium</i>	1.2	.
<i>Taraxacum officinale</i>	+	1.2
<i>Ch. Molinio-Arrhenatheretea</i>	+ .2	+ .2
<i>Dactylis glomerata</i>	+ .2	+ .2
<i>Festuca pratensis</i>	+ .2	.
<i>Plantago lanceolata</i>	+	.
Inne		
<i>Agropyron repens</i>	+	4.4
<i>Convolvulus arvensis</i>	1.1	1.2
<i>Artemisia vulgaris</i>	+	+ .2
<i>Potentilla reptans</i>	+ .2	+ .2
<i>Cirsium lanceolatum</i>	+	+
<i>Ranunculus repens</i>	+	.

<i>Equisetum arvense</i>	+	.
<i>Tussilago farfara</i>	.	+
<i>Arctium lappa</i>	.	+

W zbiorowisku roślinnym obserwowanym w 1966 r. rajgras wyniosły był gatunkiem panującym, a obok niego występowało szereg roślin charakterystycznych nie tylko dla klasy *Molinio-Arrhenatheretea*, ale także i dla niższych jednostek w jej obrębie. Po sześciu latach zmniejszyła się wyraźnie ilość rajgrasu wyniosłego i zniknęły gatunki zespołu *Arrhenatheretum elatioris* oraz związku *Arrhenatherion*, a z przedstawicieli rzędu *Arrhenatheretalia* i klasy *Molinio-Arrhenatheretea* utrzymały się tylko *Taraxacum officinale* i *Dactylis glomerata*. Natomiast w tym czasie perz właściwy osiągnął wysoki stopień pokrycia. Przytoczony przykład można więc uważać za jeden z etapów degradacji zbiorowisk łąkowych. W ten bowiem sposób powierzchnie łąk świeżych położone w odległości około 500 m od źródła emisji w kierunku zachodnim (strefa II) i koszone jeszcze w 1966 r. stały się już nieużytkami, na których rozprzestrzenił się perz właściwy, a tylko gdzieś utrzymują się małe skupienia nielicznych gatunków łąkowych, zwłaszcza niektórych traw.

W zbiorowiskach łąkowych strefy III, położonych w odległości 1000-1500 m od kominów fabryki proces degradacji nie jest jeszcze tak daleko posunięty. Nie mniej jednak i tutaj wpływ zanieczyszczeń powietrza na strukturę łąk świeżych zaznacza się zwiększeniem stopnia pokrycia przez rośliny jednoliścienne. Trawy bowiem są nie tylko bardziej odporne na zmianę chemizmu gleby, ale także odznaczają się większą zdolnością konkurencyjną oraz dynamiką rozwojową niż rośliny dwuliścienne. Dlatego też szereg roślin drobnych (np. *Medicago lupulina*, *Lotus corniculatus*) zostaje zagłuszonych. A zatem dodatkowym czynnikiem eliminującym bardziej wrażliwe gatunki są pogarszające się warunki świetlne, nie sprzyjające utrzymywaniu się motylkowatych w towarzystwie traw.

Wśród zbiorowisk strefy IV najbardziej naturalny charakter mają łąki świeże występujące na powierzchniach 12 i 15. Zarówno pod względem ilościowym, jak i jakościowym są one najbogatsze w gatunki. Występują w nich zwłaszcza takie rośliny, jak *Bromus mollis*, *Knautia arvensis*, *Campanula patula*, *Anthoxanthum odoratum*, *Lolium perenne*, *Stellaria graminea*. Powierzchnie te położone są na skrajach badanego terenu, do których pyły omawianego zakładu przemysłowego docierają w niewielkiej ilości. Natomiast na pozostałych powierzchniach strefy IV badane zbiorowiska są uboższe pod względem florystycznym. Taki układ został spowodowany sukcesją traw zachodzącą w opisywanych zbiorowiskach. Zmiany te w strefie IV, ze względu na większą odległość



Schemat przebiegu zmian zachodzących w badanych zbiorowiskach roślinnych pod wpływem emisji fabryki supertomasyny

i mniejszy stopień zapylenia postępują jednak znacznie wolniej niż w strefach poprzednich.

Na podstawie dotychczasowych obserwacji starano się odtworzyć przebieg zmian zachodzących w zbiorowiskach łąkowych znajdujących się pod wpływem emisji fabryki supertomasyny. Zmiany te zostały przedstawione w załączonym schemacie.

Na powierzchniach o wysokim opadzie pyłów, położonych najbliżej kominów fabryki *Agropyron repens* staje się gatunkiem zamykającym sukcesję roślinną badanych zbiorowisk. W przypadku dalszego oddziaływania tej samej emisji doszłoby niewątpliwie do zwiększenia zasięgu monokultury perzu właściwego. W miarę upływu czasu zbiorowisko to objęłoby również powierzchnie znajdujące się pod wpływem opadu pyłów wynoszącym powyżej 100 t/km²/rok.

Od stycznia 1974 r. zmieniono jednak profil produkcyjny omawianego zakładu przemysłowego. Nie oddziałują już omówione czynniki, a rozpoczęły swój wpływ inne. Dlatego też dalsze obserwacje co do przebiegu zmian zachodzących w analizowanych zbiorowiskach okazać się mogą jako bardzo interesujące. W tej chwili trudno jednak odpowiedzieć, czy proces ustępowania gatunków wrażliwych zostanie zahamowany, czy też trwać będzie jeszcze przez pewien czas oraz jak kształtować się będą zbiorowiska znajdujące się w zasięgu emisji o innym niż poprzednio składzie chemicznym. Nowe badania, jakie zostaną podjęte na tym terenie po upływie paru lat, przypuszczalnie przyniosą wiele danych pozwalających w dużym stopniu na wyjaśnienie tego zagadnienia.

LITERATURA

1. Świeboda M.: Wpływ przemysłowych zanieczyszczeń powietrza na roślinność w otoczeniu fabryki supertomasyny „Bonarka” w Krakowie. *Ochrona Przyrody*, R. 35, 1970.
2. Świeboda M., Dąbrowska L.: Wpływ zanieczyszczeń powietrza emitowanych przez fabrykę supertomasyny na zawartość niektórych składników mineralnych w roślinach łąkowych. *Acta Agraria et Silvestria*, Ser. Agr., Vol. XV/1, 1975.

М. Съвебода, Л. Домбровска

ИЗМЕНЕНИЯ ХАРАКТЕРА ЛУГОВЫХ СООБЩЕСТВ ВЫЗВАННЫЕ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНЫМ ВОЗДЕЙСТВИЕМ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ ВОЗДУХА

Резюме

На основании проведенных исследований вокруг фабрики супертомасшлака „Бонарка” в Кракове обнаружено направление изменений происходящих в луговых сообществах находящихся под влиянием эмиссий этого промышленного предприятия. Падающая вместе с пылью заводской дымовой трубы кальцинирования сода вызвала увеличение щёлочности почвы и посредством этого элиминирование растений не переносящих засоленности. Отсюда, в зависимости от степени загрязнения отмечено в луговых сообществах последовательные изменения проявляющиеся постепенным исчезновением более чувствительных на засоленность растений, таких как нпр. *Trisetum flavescens*, *Achillea millefolium*, *Plantago lanceolata*, а также мотыльковых и зарастание поверхности злаковыми и некоторыми видами из семейства *Compositae*. Конечной фазой сукцессии происходящей под влиянием падающей пыли в количестве до 500 т (кв.км) год было образование монокультуры *Agropyron repens*.

M. Swieboda, L. Dąbrowska

THE CHANGES IN THE CHARACTER OF THE MEADOW PLANT COMMUNITIES INDUCED BY A PROLONGED INFLUENCE OF INDUSTRIAL AIR POLLUTION

Summary

Basing on their investigations carried out in the environs of the „Bonarka” factory producing silicophosphate fertilizers the authors established the trends in the changes affecting the meadow plant communities subjected to the influence of the emissions from these industrial works. The calcinated soda falling down together with the flue dust contributed to the rise of alkalinity in soil, and consequently to the elimination of the plants intolerant of salt. Depending on the degree of dustiness, successive changes were observed in the meadow plant communities concerning their specific composition; the species susceptible to salinity, e.g. *Trisetum flavescens*, *Achillea millefolium*, *Plantago lanceolata*, and the *Papilionaceae* receded gradually, and their habitats were mastered by the grasses and some species of the *Compositae* family. The succession occurring under the influence of dust fall amounting to 500 tons per 1 sq. km per annum led to the formation of a monoculture of *Agropyron repens* as the final stage.