

KAZIMIERZ H. DYGUŚ

Wpływ dziesięcioletniego nawożenia ściekami ziemniaczanymi na runo w drzewostanach sosnowych i plantacjach drzew

Impact of 10-years Lasting Fertilization with Potato Sewage on Ground Vegetation in Pine Stands and Tree Plantations

Wstęp

Ścieki przemysłu rolno-spożywczego zawierają duże ilości substancji pokarmowych. Wykorzystywanie składników pokarmowych ze ścieków do celów produkcyjnych oraz próby powtórnego włączenia ich w obieg przemian biogeochemicznych mają już długą tradycję. Nawożono nimi uprawy łąkowe, polne i leśne (1–5, 16, 18).

W dotychczasowych badaniach nad nawożeniem stosowanym w leśnictwie koncentrowano się głównie na drzewostanie. Nie doceniano natomiast roli runa leśnego przy tego typu zabiegach. Gatunki runa oraz jego grupy syntaksonomiczne i ekologiczne okazują się doskonałymi bioindykatorami stanu i kierunków przemian siedliskowych (12).

Nawadnianie biocenozy leśnej, bogatymi w związki organiczne (węglowodany, białka) i mineralne (K, N, Cl, Ca, S, Mg, P, Na) ściekami ziemniaczanymi, zachwiało w miarę zrównoważony dotąd układ. Zachwianiu uległy strukturalne jak i funkcjonalne elementy biocenozy. Zachodziły procesy sukcesyjne ukierunkowane ku zbiorowiskom roślinnym o coraz większych wymaganiach pokarmowych.

Początkowe skutki eksperymentu nawożeniowego, któremu poddawane były fitocenozy leśne, wskazywały na załamanie się homeostazy badanych układów. Szybko jednak funkcje zniszczonych ogniw struktury fitocenz przejęły inne. Mchy zastąpiło niskie runo synantropijne, a borowy kompleks krzewinkowo-trawiasty zastąpiony został przez wysokie runo synantropijne. Czy ukształtowana w ten sposób nowa struktura runa leśnego świadczy o powstaniu już silnych mechanizmów homeostatycznych w analizowanym siedlisku?

Jednoznacznej odpowiedzi na tak zadane pytanie trudno będzie oczekiwać, bowiem każdy rok badań daje odmienne i niekiedy zaskakujące wyniki. Na pewno wytworzone mechani-

zmy samoregulujące, w warunkach silnej antropopresji (nawożenie ubogiego siedliska borowego), są zbyt słabe i stąd układ taki wymaga ciągłych obserwacji ekologicznych i zabiegów ochronnych.

W opracowaniu przedstawiono wyniki badań florystyczno-fitosocjologicznych i fitoindykacyjnych w drzewostanach sosnowych i plantacjach na siedlisku boru świeżego, poddanym nawadnianiom ściekami ziemniaczanymi w latach 1984–1993. Celem badań było przede wszystkim określenie kierunków i tempa przemian sukcesyjnych w runie oraz ocena zależności “roślinność runa — siedlisko” w ekosystemie leśnym przekształconym pod wpływem oddziaływania ściekami ziemniaczanymi.

Obiekt i metody badań

Obiekt glebowo-roślinnej oczyszczalni ścieków ziemniaczanych zlokalizowany jest w drzewostanach sosnowych na siedlisku boru świeżego w Nadleśnictwie Iława, Obręb Smolniki (RDLP Olsztyn). Zasięgiem swym obejmuje 14 oddziałów leśnych o łącznej powierzchni 216 ha.

Według fizyczno-geograficznej regionalizacji Polski teren leśnej oczyszczalni leży na Pojezierzu Wschodnio-Pomorskim w regionie Pojezierza Iławskiego (17). Natomiast wg podziału geobotanicznego teren ten należy do Działu Bałtyckiego, Krainy Pojezierza Pomorskiego i okręgu Elbląsko-Ostródzkiego (22).

W obrębie kompleksu boru świeżego oczyszczalni zostały wytyczone następujące typy powierzchni:

- gospodarcze powierzchnie leśne (192 ha), gdzie nawadniano podstawową dawką ścieków wynoszącą wg założeń 300 mm, tj. 3000 m³/ha/rok;
- doświadczalne powierzchnie leśne (18 ha), gdzie zastosowano standardowe, czterokrotnie zróżnicowane dawki ścieków, wynoszące odpowiednio: 150, 300, 450 i 600 mm rocznie, (dawki ścieków w poszczególnych latach niekiedy odbiegały od standardowych, lecz ściśle przestrzegano ich proporcji);
- doświadczalne powierzchnie plantacyjne, zręby na borze świeżym (6 ha), z uprawą 15 gatunków drzew, gdzie zastosowano standardowe, trzykrotnie zróżnicowane dawki ścieków: 150, 300 i 450 mm.

Każdy typ powierzchni poddawany był oddziaływaniom ścieków jesienią (IX–XII) a w niektórych latach także wczesną wiosną (III–IV). W okresie wegetacyjnym (V–VIII) zastosowano polewanie całej powierzchni oczyszczalni wodą jeziorową dawką 300 mm.

Powierzchnie kontrolne stanowiły specjalne wydzielania nie zasilane ściekami ani wodą. Funkcję kontrolną spełnia też otulina oczyszczalni. Badania prowadzono na doświadczalnych powierzchniach leśnych z drzewostanami sosnowymi w trzech klasach wieku (III, IV, V) i doświadczalnych powierzchniach plantacyjnych z uprawą piętnastu gatunków drzew.

Badania fitosocjologiczne na terenie oczyszczalni prowadzono w latach 1984–1989 oraz w 1994 roku. W tym celu w poszczególnych fitocenozach wytyczono stałe powierzchnie badawcze. W drzewostanach sosnowych wytyczono 70 poletek o powierzchni 100 m², a

na plantacjach drzew 35 poletek badawczych o powierzchni 16 m². Poletka te usytuowano we wszystkich kombinacjach nawodnień. Obserwacje fitosocjologiczne prowadzono w pełni sezonu wegetacyjnego (VII–VIII). Dynamikę przemian sukcesyjnych roślinności oraz główne kierunki tych przemian określono stosując systematyczne wartości grupowe (D) w randze klasy, a zaistniałe tendencje sukcesyjne wyrażono graficznie. Wyniki te przedstawiono z badań w kwaterach nawożonych ściekami dawką 300 mm. Ocenę warunków siedliskowych wykonano bioindykacyjną metodą Ellenberga (13, 14) i Zarzyckiego (27). W Polsce ellenbergowską metodę fitoindykacji stosowali i propagowali m.in. Borowiec (6), Wójcik (25, 26) i Zarzycki (27).

W badaniach uwzględniono wartości wskaźnikowe gatunków dla następujących czynników glebowych: wilgotności (W), troficzności, w tym głównie zasobności w azot (N), odczynu (R), dyspersji (D) i zawartości materii organicznej i humusu w glebie (H). Wartości wskaźnikowe gatunków określono za pomocą pięciostopniowej skali, w której liczba 1 oznacza najniższą wartość, liczba 3 — zakres średni, liczba 5 — najwyższą wartość danego wskaźnika; liczby 2 i 4 to odpowiednie wartości pośrednie. Na przykład, W₁ — gleby bardzo suche, W₃ — gleby świeże, W₅ — gleby mokre, itp. (Zarzycki 1984).

W badaniach fitosocjologicznych posługiwano się powszechnie stosowaną w fitosocjologii metodą Braun-Blanqueta (7), a dynamikę przemian sukcesyjnych określono wg Scamoniiego (21) i Pawłowskiego (20). Nazewnictwo łacińskie roślin naczyniowych podano za "Flora Europaea" (15). Nomenklaturę mszaków przyjęto za Szafranem (23, 24), a jednostki grup syntaksonomicznych za Matuszkiewiczem (19).

Wyniki

Przemiany runa w drzewostanach sosnowych

Leśna oczyszczalnia ścieków ziemniaczanych zlokalizowana jest na powierzchniach borowych reprezentowanych przez subkontynentalny zespół *Peucedano-Pinetum* Mat. (1962) 1973. Gatunkami wyróżniającymi ten zespół są: *Convallaria majalis*, *Polygonatum odoratum*, *Solidago virgaurea*, *Peucedanum oreoselinum* i *Scorzonera humilis*.

Analizie florystyczno-fitosocjologicznej poddawano runo w trzech typach fitocenozy borowych nawadnianych ściekami:

- 58 letni drzewostan sosnowy bez domieszkowych gatunków drzew,
- 74 letni drzewostan sosnowy z domieszką świerka,
- 100 letni drzewostan sosnowy z domieszką buka.

W warstwie drzew (*a*) analizowanych fitocenozy dominuje sosna (zwarcie 55–75%). Warstwa krzewów (*b*) w fitocenozy sosnowej bez gatunków domieszkowych jest słabo rozwinięta, gdzie głównie występuje jałowiec (*Juniperus communis*). W pozostałych fitocenozach duży udział w budowie warstwy krzewiastej mają gatunki drzew domieszkowych. Runo przed nawodnieniami (1984 r.) najczęściej przybierało postać krzewinkowo-mszystą lub trawiasto-mszystą. Tworzyło je głównie kilka gatunków dominujących, tj. *Vaccinium myrtillus*, *V. vitis-idaea*, *Deschampsia flexuosa*, *Trientalis europaea*, *Melampyrum pratense*, *Entodon schreberi* i *Dicranum undulatum*. Pokrycie warstwy zielnej (*c*)

wynosiło 60–80% a warstwy mchów (*d*) 40–70%. W składzie runa przed eksperymentem nawożenia ściekami wykazano 47 gatunków, w tym 13 gatunków mchów.

W pierwszych 2–3 latach trwania eksperymentu nawożeniowego wyginęły gatunki runa o najwęższej amplitudzie ekologicznej, tj. wyróżniające zespół *Peucedano-Pinetum* i związek *Dicrano-Pinion*, w tym głównie mchy (9). Po pięciu latach nawadniania fitocenozy leśnych zanikły również gatunki cechujące się szeroką amplitudą ekologiczną, tj. charakterystyczne klasy *Vaccinio-Piceetea* oraz rodzima flora towarzysząca.

Przemiany sukcesyjne runa ukierunkowane były głównie ku zbiorowiskom antropogenicznym. Wykształciło się bujne runo zastępcze z niemal stuprocentowym pokryciem o cechach przypominających runo lasu łęgowego. W wykształconym runie zastępczym największy udział miały gatunki nitrofilne, głównie należące do zbiorowisk synantropijnych (*Chenopodietea*), łąkowych (*Molinio-Arrhenatheretea*), porębowych (*Epilobietea angustifolii*) i ruderalnych (*Artemisietea*). Na tym etapie przemian gatunkami dominującymi były: pokrzywa zwyczajna (*Urtica dioica*), malina właściwa (*Rubus idaeus*), gwiazdnica pospolita (*Stellaria media*) i starzec leśny (*Senecio sylvaticus*). Gatunki te występowały w postaci facjalnych zgrupowań, tworząc charakterystyczny mozaikowy układ roślinny (10, 11).

Dziesięcioletnie nawożenie ściekami spowodowało już całkowitą likwidację runa borowego. Obserwowano jeszcze większą ekspansję pokrzywy (*Urtica dioica*). Dość często występowały także: przytulia czepna (*Galium aparine*), gwiazdnica pospolita (*Stellaria media*) malina właściwa (*Rubus idaeus*), wiechlina łąkowa (*Poa pratensis*) oraz mchy — żurawiec fałdowany (*Catharinea undulata*), merzyk pokrewny (*Mnium affine*) i in. Zaobserwowano także początkowe stadium rozwojowe zbiorowiska krzewinkowo-zaroślowego *Sambuco-Salicion*, z udziałem dzikiego bzu czarnego (*Sambucus nigra*).

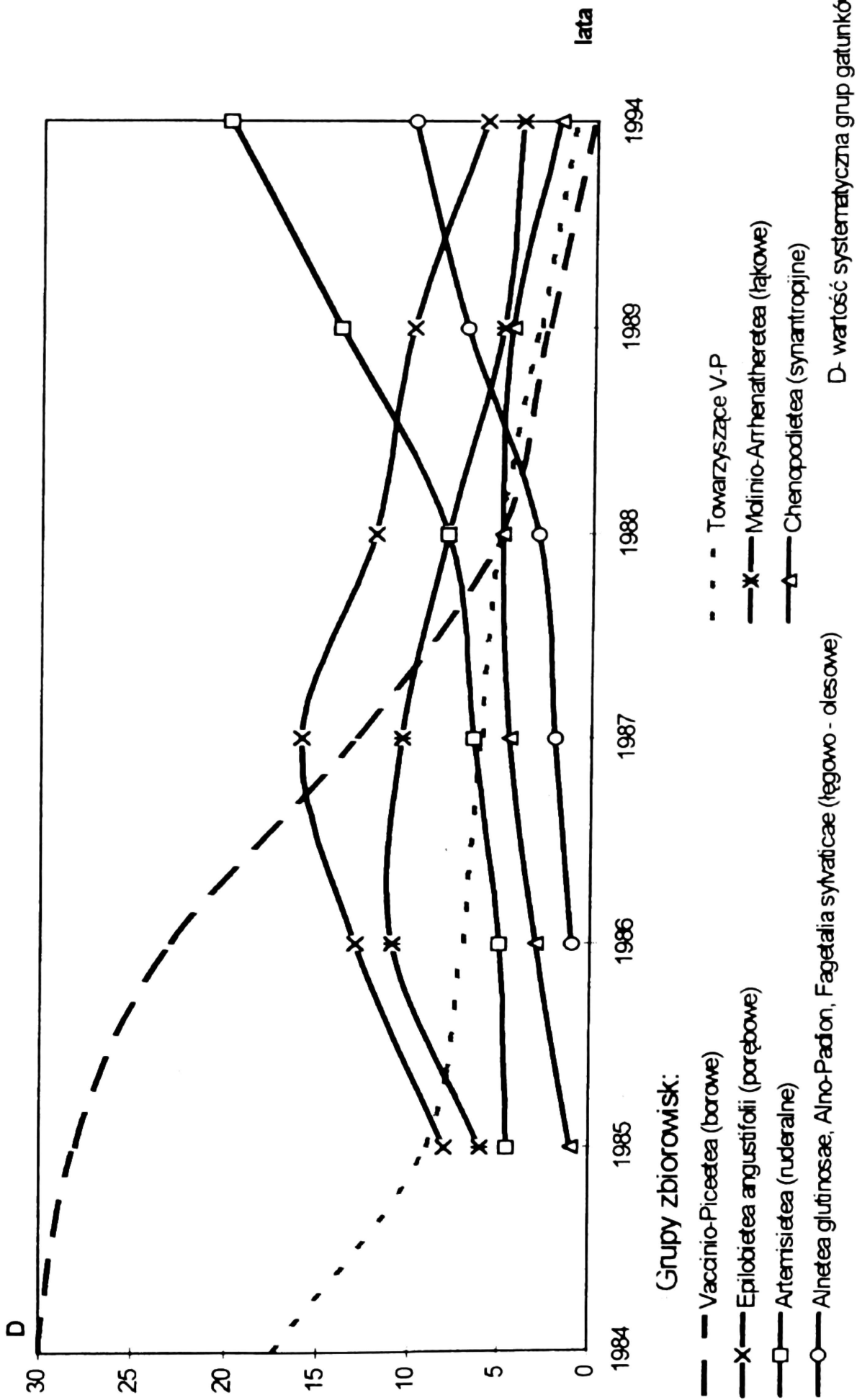
Generalnie, kierunek rozwoju runa w drzewostanach sosnowych po 10 latach nawodnień ściekami wytyczyła grupa roślinności ruderalnej (*Artemisietea*) i łągowo-olesowej (*Alnetea glutinosae*, *Alno-Padion*, *Circaeo-Alnetum*) (ryc. 1).

Przemiany runa w dwunastoletniej plantacji drzew

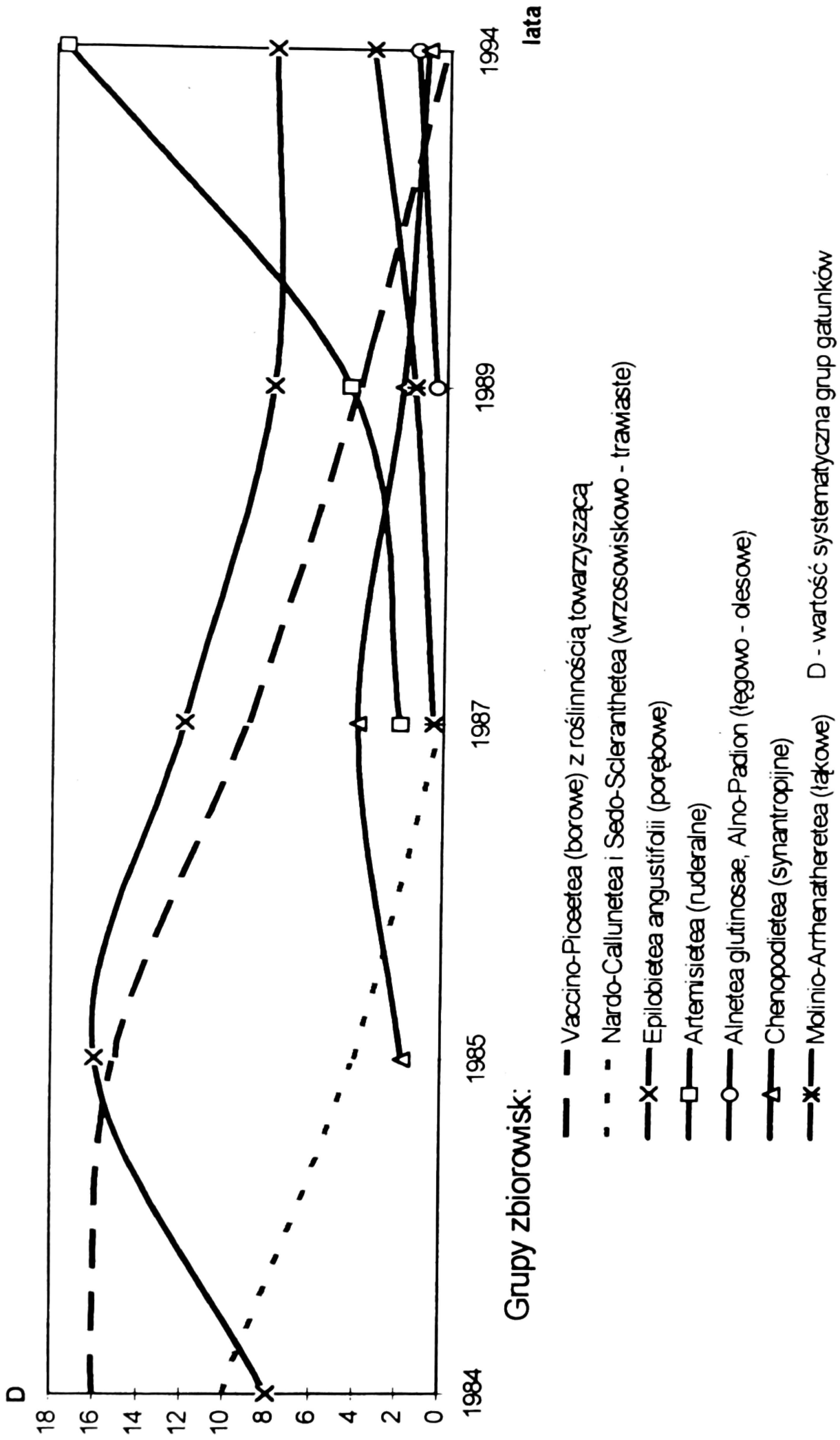
Na powierzchni 6 ha sosnowego boru świeżego wykonano zrab zupełny i założono doświadczalną plantację 15 gatunków drzew (lata 1979–1983).

Już po pierwszych dwóch latach eksperymentu skład florystyczny fitocenozy porębowej z plantacją drzew uległ radykalnej zmianie. We wszystkich wariantach koncentracji ścieków zanikały gatunki wyróżniające zespół *Peucedano-Pinetum* oraz mchy borowe. Pozostałe gatunki z klasy *Vaccinio-Piceetea* także zmniejszyły pokrycie. Wzrósł natomiast udział wybitnych nitrofitów z klasy *Epilobietea angustifolii*, tj.: starzec leśny (*Senecio sylvaticus*), trzcinnik piaskowy (*Calamagrostis epigeios*), wierzbówka kiprzyca (*Epilobium angustifolium*) i malina właściwa (*Rubus idaeus*). Drugą nitrofilną grupę tworzyły synantropijne gatunki z klasy *Chenopodietea*: przymiotno kanadyjskie (*Conyza canadensis*), komosa biała (*Chenopodium album*), włośnica zielona (*Setaria viridis*) i in. (8).

Po trzecim, a szczególnie po czwartym roku nawodnień ściekami, nastąpił dalszy ubytek elementów borowych. Utrzymywały się tylko sporadycznie borówka czarna (*Vaccinium myrtillus*) i siódmaczek leśny (*Trientalis europaea*). Gatunki towarzyszące roślinności



RYC. 1. Kierunek zmian roślinności runa w drzewostanach sosnowych nawadnianych ściekami ziemniaczanymi dawką 300 mm



RYC. 2. Kierunek zmian roślinności na plantacji drzew nawadnianych ściekami ziemniaczanymi dawką 300 mm

borowej, głównie z klas *Nardo-Callunetea* i *Sedo-Scleranthetea*, zanikły niemal zupełnie. Po pięcioletnich zabiegach nawożeniowych nadal panował układ nitrofilnych zbiorowisk: porębowego (*Epilobietea angustifolii*) z dominującymi trzcinnikiem piaskowym i wierzbówką kiprzycą, ruderalnego (*Artemisietea*) z dominującą pokrzywą zwyczajną i segetalnego (*Chenopodietea*) zdominowaną komosą białą (11). Dziesięcioletnie nawadnianie ściekami spowodowało zachwaszczenie upraw plantacyjnych głównie przez: pokrzywę zwyczajną (*Urtica dioica*), trzcinnik piaskowy (*Calamagrostis epigeios*), wierzbówkę kiprzycę (*Epilobium angustifolium*), przytulię czepną (*Galium aparine*), perz właściwy (*Elymus repens*), wiechlinę łąkową (*Poa pratensis*) i in. Wyszczególnione gatunki chwastów miały różne współczynniki pokrycia w poszczególnych gatunkach upraw. Przemiany roślinności zielnej w uprawach drzew obrały kierunek rozwoju ku roślinności ruderalnej (*Artemisietea*) i porębowej (*Epilobietea angustifolii*) ze znacznym udziałem gatunków łąkowych (*Molinio-Arrhenatheretea*) (ryc. 2).

Ocena zależności “roślinność–siedlisko” na podstawie właściwości wskaźnikowych roślin runa

Przebiegające dynamicznie zmiany warunków siedliskowych, wywołane nawożeniem, powodowały jednocześnie ubożenie różnorodności gatunkowej runa rodzimego i wzrost różnorodności gatunkowej zbiorowisk zastępczych (antropogenicznych). Dziesięcioletnie nawożenie spowodowało niemal zupełne wyginięcie runa borowego. Zastąpione zostało ono przez gatunki roślin zielnych zbiorowisk antropogenicznych.

Zależności “roślinność — siedlisko” wykazano na podstawie wskaźnikowych właściwości gatunków borowych, jak i gatunków zbiorowisk antropogenicznych.

Stosunki wilgotnościowe (W)

Przed zabiegami nawożeniowymi zdecydowana większość gatunków była wskaźnikami gleb świeżych (W₃), np. borówka czarna (*Vaccinium myrtillus*) i rokitnik pospolity (*Entodon schreberi*). Po dziesięcioletnim nawożeniu pojawiły się gatunki, które do optymalnego rozwoju potrzebują gleb wilgotnych (W₄), np. pokrzywa zwyczajna (*Urtica dioica*), gwiazdnica pospolita (*Stellaria media*), kościenica wodna (*Myosoton aquaticum*) i ostrożeń błotny (*Cirsium palustre*) oraz mokrych (W₅), np. psianka słodkogórz (*Solanum dulcamara*), karbieniec pospolity (*Lycopus europaeus*).

Troficzność siedliska (N)

Oceniono ją na podstawie zapotrzebowania gatunków runa na związki mineralne, głównie azotowe. Większość gatunków przed nawożeniem (55%) była wskaźnikami gleb skrajnie oligotroficznych (N₁) i oligotroficznych (N₂), np. borówka czarna (*Vaccinium myrtillus*), pszeniec zwyczajny (*Melampyrum pratense*) i śmiełek pogięty (*Deschampsia flexuosa*). Przez 10 lat oddziaływania ściekami ponad 70% gatunków okazało się dobrymi wskaźnikami siedlisk eutroficznych (N₄ i N₅). Były to głównie gatunki nitrofilne, m.in. pokrzywa zwyczajna (*Urtica dioica*), malina właściwa (*Rubus idaeus*), psianka słodkogórz (*Solanum dulcamara*), przytulia czepna (*Galium aparine*), dziki bez czarny (*Sambucus nigra*).

Wskaźnik kwasowości (R)

W naturalnym układzie borowym większość z listy gatunków była przywiązana do piaszczystych gleb bardzo kwaśnych i kwaśnych (R₁₋₃) w zakresie pH od 3,0 do 4,5, np. wrzos zwyczajny (*Calluna vulgaris*), płonnik pospolity (*Polytrichum commune*), śmiełek pogięty (*Deschampsia flexuosa*). Zabiegi nawożeniowe spowodowały pojawienie się i ekspansję w zdecydowanej większości gatunków gleb umiarkowanie lub słabo kwaśnych (R₄) z pH w zakresie 4,5–5,5 (6,0).

Wskaźnik dyspersji (składu mechanicznego) gleby (D)

Gatunki runa przed nawożeniem cechowały się przywiązaniem do gleb piaszczystych (D₃), piaszczysto-gliniastych lub gliniastych ze znacznym udziałem szkieletu (D₄). Eksperyment nawożeniowy spowodował dość znaczne zmiany w składzie mechanicznym gleby. Odnotowano wkraczanie gatunków właściwych dla gleb ciężkich (D₄₋₅). Były to m.in.: psianka słodkogórz (*Solanum dulcamara*), karbieniec pospolity (*Lycopus europaeus*), dziki bez czarny (*Sambucus nigra*) i przytulia czepna (*Galium aparine*).

Wskaźnik zawartości materii organicznej i humusu w glebie (H)

Większość gatunków układu roślinnego przed nawożeniem była wskaźnikami gleb mineralno-próchnicznych (H₃). Po dziesięcioletnim nawadnianiu ściekami obserwujemy przesunięcie wskaźnika ku glebom upodobnionym do gleb torfiastych z udziałem części mineralnych (H₄). Wiąże się to głównie z ekspansywnym rozwojem pokrzywy (*Urtica dioica*), a także występowaniem psianki (*Solanum dulcamara*) i karbieńca (*Lycopus europaeus*).

Wnioski

- Rodzime runo borowe w drzewostanach sosnowych i w uprawach drzew już po 2–3 latach nawodnień ściekami ziemniaczanymi uległo degeneracji. Najpierw zanikały gatunki runa o najwęższej amplitudzie ekologicznej, tj. gatunki charakterystyczne dla zespołu *Peucedano-Pinetum* i związku *Dicrano-Pinion* oraz wszystkie mszaki, a w dalszej kolejności gatunki z coraz szerszą amplitudą ekologiczną, tj. charakterystyczne dla rzędu *Vaccinio-Piceetalia* i klasy *Vaccino-Piceetea* oraz towarzyszące zbiorowiskom borowym.
- Dziesięcioletnie nawadnianie ściekami drzewostanów sosnowych i upraw plantacyjnych spowodowało wykształcenie się w warstwie zielnej zbiorowisk zastępczych przypominających runo lasu łęgowego z udziałem niektórych gatunków zbiorowisk: synantropijnych (*Chenopodietea*, *Polygono-Chenopodietalia*), porębowych (*Epilobietea angustifolii*, *Eplilobion angustifolii*, *Sambuco-Salicion*), łąkowych (*Molinio-Arrhenatheretea*), ruderalnych (*Artemisietea*), oraz lasów łęgowych (*Alno-Padion*, *Fagetalia sylvaticae*) i olesowych (*Alnetea glutinosae*).
- Największy udział spośród chwastów w drzewostanach sosnowych mają: pokrzywa zwyczajna (*Urtica dioica*), malina właściwa (*Rubus idaeus*), gwiazdnica pospolita (*Stellaria media*), przytulia czepna (*Galium aparine*), wiechlina łąkowa

(*Poa pratensis*). Uprawy drzew najbardziej zachwaszczone są przez: pokrzywę zwyczajną (*Urtica dioica*), trzcinnik piaskowy (*Calamagrostis epigeios*), wierzbówkę kiprzycę (*Epilobium angustifolium*), przytulię czepną (*Galium aparine*), wiechlinę łąkową (*Poa pratensis*), malinę właściwą (*Rubus idaeus*), perz właściwy (*Elymus repens*).

- Wpływ nawożenia na siedlisko boru świeżego, diagnozowany za pomocą roślinności, jest znaczny. Roślinność zareagowała na zmiany właściwości biologicznych i fizykochemicznych gleb (trofizm, wilgotność, odczyn, dyspersja, zawartość materii organicznej i humusu). Zwiększyła się zasobność i żyzność gleb. W związku z tym istnieje potencjalne zagrożenie dla oligotroficznego drzewostanu sosnowego. Dla ewentualnego utrzymania drzewostanu sosnowego wskazane byłoby zmniejszenie dawek nawadniania ściekami (do 100 mm/rok), lub stosowanie dawek wyższych (do 200–300 mm) naprzemiennie, co 2–3 lata.
- Istnieje duże prawdopodobieństwo, że drzewostan sosnowy a nawet rozwijająca się bujnie roślinność zielna nie będą w stanie przechwycić dostarczanych ze ściekami oraz zwracanych przez roślinność składników pokarmowych. W tych warunkach zdolności sorpcyjne istniejącego układu glebowo-roślinnego wydają się być ograniczone, co może sprzyjać ucieczce pierwiastków do systemu wód gruntowych i powierzchniowych.

*Z Zakładu Ekologii Roślin Instytutu Ekologii PAN
w Dziekanowie Leśnym pod Warszawa*

Literatura

1. **Baule H., Fricker C.** 1973: Nawożenie drzew leśnych — PWRiL Warszawa, 315 ss.
2. **Białkiewicz F.** 1978: Leśne oczyszczanie i wykorzystanie ścieków miejskich — Zesz. Probl. Post. Nauk roln. 204: 255–288.
3. **Białkiewicz F., Kermen J.** 1975: Środowisko leśne jako naturalna oczyszczalnia ścieków. Zesz. Nauk. Politechn. Śl., Inż. Sanit. 18: 37–51.
4. **Boćko J.** 1970: Pola nawadniane jako oczyszczalnie ścieków. Gospod. wod. 312–314.
5. **Boćko J.** 1978: Ochrona wód w drodze kompleksowych nawodnień ściekami użytków rolnych i leśnych. Zesz. probl. Post. Nauk. roln. 204: 353–360.
6. **Borowiec S.** 1972: Przydatność i możliwość stosowania dla potrzeb rolnictwa ekologicznej oceny czynników siedliskowych metodą Ellenberga (W.: Metody oceny warunków przyrodniczych produkcji rolniczej). Biul. KPZK PAN, 71: 65–94.
7. **Braun-Blanquet J.** 1964: Pflanzensoziologie, Grundzüge der Vegetationskunde — 3. Aufl. Springer, Wien — New York, 865 ss.
8. **Dyguś K.** 1991a: Kierunki sukcesji roślinności w plantacjach drzew nawożonych ściekami ziemniaczanymi. Prace IBL, 707: 253–260.

9. **Dyguś K.** 1991b: Wpływ ścieków ziemniaczanych o różnej koncentracji na runo boru świeżego. *Prace IBL*, 708: 261–270.
10. **Dyguś K.** 1992a: Las oczyszczalnią ścieków. *Las Pol.*, 2: 16–17.
11. **Dyguś K.** 1992b: Sukcesja roślinności zielnej w fitocenozach borowych i uprawach plantacyjnych nawożonych ściekami ziemniaczanymi. W: *Gospodarka wodna w lasach, materiały na seminarium naukowe*, Warszawa, IX 1992. *Prace IBL, B nr spec.:* 69–90.
12. **Dyguś K.** (w druku). Roślinność runa wskaźnikiem stanu siedliska borowego nawożonego ściekami przemysłu krochmalniczego. (W:) *Reakcje biologiczne drzew na zanieczyszczenia przemysłowe. III Krajowe Sympozjum*, Poznań-Kórnik, 23–26.05.1994.
13. **Ellenberg H.** 1952: *Landwirtschaftliche Pflanzensoziologie. 2. Wiesen und Weiden und ihre standortliche Bewertung* — Stuttgart — Ludwigsburg, 143 ss.
14. **Ellenberg H.** 1974: *Zeigerwerte der Gefasspflanzen Mitteleuropas* — *Scripa geobot.* 9, Göttingen, 97 ss.
15. *Flora Europaea 1964–80* — ed. T.G. Tutin et al., Cambridge University Press, 1–5 vol.
16. **De Haan F.A., Hoogeveen G.I., Rien vis F.** 1973: Aspects of agricultural use of potato starch water. *Inst. for Land and Water Manag. Res., Techn. Bull.* 87, Wageningen, *Neth. J. Agric. Sci.* 21: 85–94.
17. **Kondracki J.** 1981: *Geografia fizyczna Polski*. PWN, Warszawa, 463 ss.
18. **Kutera J.** 1988: *Wykorzystywanie ścieków w rolnictwie*. PWRiL, Warszawa, 508 ss.
19. **Matuszkiewicz W.** 1984: *Przewodnik do oznaczania zbiorowisk roślinnych Polski*. PWN, Warszawa, 298 ss.
20. **Pawłowski B.** 1977: Skład i budowa zbiorowisk roślinnych oraz metody ich badania (W: *Szata roślinna Polski*, t. I, Red. W. Szafer, K. Zarzycki). PWN Warszawa, 614 ss.
21. **Scamon A.** 1967: *Wstęp do fitosocjologii praktycznej*. PWRiL, Warszawa: 247 ss.
22. **Szafer W.** 1977: *Szata roślinna Polski niżowej* (W: *Szata roślinna Polski*. Red. W. Szafer, K. Zarzycki, t. II). PWN Warszawa, 17–188.
23. **Szafran B.** 1957: *Mchy (Musci) I*. PWN Warszawa, 447 ss.
24. **Szafran B.** 1961: *Mchy (Musci) II*. PWN Warszawa, 405 ss.
25. **Wójcik Z.** 1983: *Charakterystyka i ocena siedlisk polnych metodami bioindykacyjnymi*. SGGW-AR, Warszawa, 79 ss.
26. **Wójcik Z.** 1988: *Bioindykacyjne właściwości roślinności oraz ich wykorzystanie w ocenie stanu środowiska* (W: *Zasoby glebowe i roślinne — użytkowe, zagrożenie, ochrona*, Ed. R. Olaczek). PWRiL, Warszawa, 616 ss. (178–223).
27. **Zarzycki K.** 1984: *Ekologiczne liczby wskaźnikowe roślin naczyniowych Polski*. Instytut Botaniki PAN, Kraków, 45 ss. (maszynopis).

Summary

Impact of 10-years Lasting Fertilization with Potato Sewage on Ground Vegetation in Pine Stands and Tree Plantations

The report presents the results of 10-year research, of floristic-phytosociological-phytoindicative character, on the ground cover in a coniferous phytocenosis, with pine stands of III–V age class, and in a forest glade phytocenosis, with a plantation of 15 tree species, under an irrigation with potato sewage and with lake water during the vegetation period, and, on some places, also in early spring.

The so-called soil-vegetation cleaning plant for cleaning potato sewage sludge was the object of the irrigation; it was located on the fresh coniferous forest site (*Peucedano-Pinetum* Mat. 1962, 1973) in the Hawa forest district, Smolniki subdistrict. The irrigation of the forest ecosystem, with sewage loaded with organic and mineral compounds has disbalanced the system that was in a relative equilibrium until now.

The trend in ground vegetation development in pine stands after 10-year irrigation with sewage was dominated by the group of weed plants (*Artemisietea*), and those of alder and elmwoods (*Alnetea glutinosae*, *Alno-Padion*, *Circaeo-Alnetum*) (Fig. 1). The following species were dominant: *Urtica dioica*, *Rubus idaeus*, *Stellaria media*, *Galium aparinae*, *Poa pratensis*, *Solanum dulcamara*, and others.

The transformations of herbaceous vegetation in tree cultures took the developmental orientation to weed (*Artemisietea*) and forest glade (*Epilobietea angustifolia*) vegetation, with a considerable deal of meadow species (*Molinio-Arrhenantheretea*) (Fig. 2). Those cultures were invaded mainly by *Urtica dioica*, *Calamagrostis epigeios*, *Epilobium angustifolium*, *Galium aparine*, *Elymus repens*, *Poa pratensis*, and others.

Site changes caused by the impact of sewage and water were documented basing on indicative properties of coniferous forest and anthropogenic plant species. The vegetation responded to biological, and physico-chemical changes in the soil (trophism, moisture, acidity, dispersal, content of organic matter and humus). The fertility of soils decreased and a potential threat to the oligotrophic pine stand appeared then. Sorption capabilities of the existing soil-vegetation system seem to be limited. This may favour an outflow of elements outside the reach of vegetation and soil irrigated with sewage, polluting in this way soil and surface waters.