

---

INSTYTUT GEOGRAFII  
I PRZESTRZENNEGO ZAGOSPODAROWANIA

DOKUMENTACJA GEOGRAFICZNA

MAREK DEGÓRSKI

WARUNKI SIEDLISKOWE  
KATENY EKOSYSTEMÓW LEŚNYCH  
NA WYSOCZYŹNIE RAWSKIEJ  
(ZE SZCZEGÓLNYM UWZGLĘDNIENIEM  
DYNAMIKI WODNO-TROFICZNYCH  
WŁAŚCIWOŚCI GLEB)



ROK 1990

ZESZYT 5-6

---

; WROCŁAW · WARSZAWA · KRAKÓW  
ZAKŁAD NARODOWY IMIENIA OSSOLIŃSKICH  
WYDAWNICTWO POLSKIEJ AKADEMII NAUK

**WYKAZ ZESZYTÓW  
PRZEGLĄDU ZAGRANICZNEJ LITERATURY GEOGRAFICZNEJ  
za ostatnie lata**

**1986**

- 1-2 Geografia kultury, s. 114, zł 240, -
- 3-4 Geografia behawioralna, s. 90, zł 240, -

**1987**

- 1 Społeczna geografia medyczna, s. 156, zł 240, -
- 2 Teledetekcja w rolnictwie, s. 203, zł 240, -
- 3-4 Śródziemnomorska Konferencja Międzynarodowej Unii Geograficznej. Hiszpania 1986, s. 116, zł 480, -

**1988**

- 1 Współczesna geografia francuska, cz. I, s. 204, zł 240, -
- 2-3 Współczesna geografia francuska, cz. II, s. 247, zł 480, -
- 4 Próby ujęć globalnych, s. 200, zł 240, -

**1989**

- 1 Problemy standaryzacji nazw geograficznych, s. 132, zł 360, -
- 2 Geografia percepcji, s. 219, zł. 1000, -
- 3-4 XXVI Międzynarodowy Kongres Geograficzny. Australia 1988 (w druku)

**WARUNKI SIEDLISKOWE KATENY EKOSYSTEMÓW  
LEŚNYCH NA WYSOCZYŹNIE RAWSKIEJ  
(ZE SZCZEGÓLNYM UWZGLĘDNIENIEM DYNAMIKI  
WODNO-TROFICZNYCH WŁAŚCIWOŚCI GLEB)**

POLISH ACADEMY OF SCIENCES  
INSTITUTE OF GEOGRAPHY AND SPATIAL ORGANIZATION

---

MAREK DEGÓRSKI

HABITAT CONDITIONS  
IN THE FOREST ECOSYSTEMS CATENA  
SITUATED ON THE RAWA PLATEAU  
(WITH PARTICULAR REGARD TO DYNAMICS OF  
HYDRO-TROPHIC PROPERTIES)



YEAR 1990

FASC. 5-6

---

WROCLAW · WARSZAWA · KRAKÓW  
ZAKŁAD NARODOWY IMIENIA OSSOLIŃSKICH  
WYDAWNICTWO POLSKIEJ AKADEMII NAUK

<http://rcin.org.pl>

POLSKA  
AKADEMIA  
NAUK

---

INSTYTUT GEOGRAFII  
I PRZESTRZENNEGO ZAGOSPODAROWANIA

## DOKUMENTACJA GEOGRAFICZNA

MAREK DEGÓRSKI

WARUNKI SIEDLISKOWE KATENY  
EKOSYSTEMÓW LEŚNYCH  
NA WYSOCZYŹNIE RAWSKIEJ  
(ZE SZCZEGÓLNYM  
UWZGLĘDNIENIEM DYNAMIKI  
WODNO-TROFICZNYCH  
WŁAŚCIWOŚCI GLEB)



ROK 1990

ZESZYT 5-6

---

WROCŁAW · WARSZAWA · KRAKÓW  
ZAKŁAD NARODOWY IMIENIA OSSOLIŃSKICH  
WYDAWNICTWO POLSKIEJ AKADEMII NAUK

<http://rcin.org.pl>

## KOMITET REDAKCYJNY

Redaktor Naczelny: Jerzy Grzeszczak  
Członkowie: Maria Ciechocińska, Tadeusz Gerlach,  
Alina Potrykowska, Józef Skoczek, Władysława Stola  
Sekretarz: Maria Mozolewska-Adamczyk

Maszynopis niniejszego numeru przekazano Wydawcy 12 lutego 1990

Adres komitetu:

Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania  
Polskiej Akademii Nauk  
ul. Krakowskie Przedmieście 30, 00-927 Warszawa

Redaktor Wydawnictwa

HANNA JUREK

Redaktor techniczny

JAN A. DRAJCZYK

*Printed in Poland*

<http://rcin.org.pl>

## SPIS TREŚCI

Przedmowa – Władysław Matuszkiewicz . . . . .	7
Wstęp . . . . .	9
Metodyka badań . . . . .	13
Założenia ogólne badań . . . . .	13
Metody badań środowiska geograficznego . . . . .	14
Metody badań dynamiki wybranych wodno-troficznych właściwości gleb . . . . .	17
Statystyczne sprawdzenie poprawności badań . . . . .	21
Wyniki . . . . .	22
Czynniki glebotwórcze decydujące o zróżnicowaniu pokrywy glebowo-roślinnej . . . . .	22
Charakterystyka roślinno-glebowa siedlisk . . . . .	34
Dynamika wybranych właściwości gleb . . . . .	75
Wzajemne relacje pomiędzy poszczególnymi cechami glebowymi . . . . .	171
Podobieństwa i różnice pomiędzy poszczególnymi siedliskami . . . . .	174
Weryfikacja statystyczna poprawności uzyskanych wyników dynamiki . . . . .	176
Podsumowanie i dyskusja wyników . . . . .	180
Wnioski . . . . .	192
Literatura . . . . .	195
Habitat conditions in the forest ecosystems catena situated on the Rawa Plateau (with particular regard to dynamics of hydro-trophic properties) – summary . . . . .	201
Условия местопроизрастания катены лесных экосистем на Равской возвышенности (с особым учётом динамики водно-трофических свойств почвы) – резюме . . . . .	204

COMITTEE MEMBERS

President: Nicholas Jarry (Ghana)
Chairman: MUSA CHACHWAHA, Tanzania
Vice-Chairman: MUSA CHACHWAHA, Tanzania
Secretary: MUSA CHACHWAHA, Tanzania

MEMBERS

Table listing members and their countries, including:
1. Chairman - MUSA CHACHWAHA, Tanzania
2. Vice-Chairman - MUSA CHACHWAHA, Tanzania
3. Secretary - MUSA CHACHWAHA, Tanzania
4. Treasurer - MUSA CHACHWAHA, Tanzania
5. Member - MUSA CHACHWAHA, Tanzania
6. Member - MUSA CHACHWAHA, Tanzania
7. Member - MUSA CHACHWAHA, Tanzania
8. Member - MUSA CHACHWAHA, Tanzania
9. Member - MUSA CHACHWAHA, Tanzania
10. Member - MUSA CHACHWAHA, Tanzania
11. Member - MUSA CHACHWAHA, Tanzania
12. Member - MUSA CHACHWAHA, Tanzania
13. Member - MUSA CHACHWAHA, Tanzania
14. Member - MUSA CHACHWAHA, Tanzania
15. Member - MUSA CHACHWAHA, Tanzania
16. Member - MUSA CHACHWAHA, Tanzania
17. Member - MUSA CHACHWAHA, Tanzania
18. Member - MUSA CHACHWAHA, Tanzania
19. Member - MUSA CHACHWAHA, Tanzania
20. Member - MUSA CHACHWAHA, Tanzania
21. Member - MUSA CHACHWAHA, Tanzania
22. Member - MUSA CHACHWAHA, Tanzania
23. Member - MUSA CHACHWAHA, Tanzania
24. Member - MUSA CHACHWAHA, Tanzania
25. Member - MUSA CHACHWAHA, Tanzania
26. Member - MUSA CHACHWAHA, Tanzania
27. Member - MUSA CHACHWAHA, Tanzania
28. Member - MUSA CHACHWAHA, Tanzania
29. Member - MUSA CHACHWAHA, Tanzania
30. Member - MUSA CHACHWAHA, Tanzania

Secretary: MUSA CHACHWAHA

Chairman: MUSA CHACHWAHA



## PRZEDMOWA

Prezentowana rozprawa jest obszernym opracowaniem, obejmującym liczne problemy badawcze w szerokim zakresie geografii fizycznej. Dotyczy ona w mniejszym lub większym stopniu zagadnień litostratygrafii, sedymentologii, ekoklimatologii, gleboznawstwa, fitosocjologii i nauki o kompleksach krajobrazowych. Głównym celem pracy była jednak analiza związku pomiędzy fitosocjologicznym zróżnicowaniem zbiorowisk leśnych a warunkami wodnymi i chemicznotroficznymi właściwościami gleby w przekroju zmian sezonowych. Badania wykonano w poligenetycznej katenie glebowo-roślinnej w stosunkowo mało zmienionym krajobrazie resztek dawnej Puszczy Jaktorowskiej. Podstawowymi jednostkami badawczymi były starannie wybrane powierzchnie trwale, reprezentujące ściśle określone typy roślinności i gleby. W części ogólnej autor przeprowadził wielostronną i wnikliwą charakterystykę najważniejszych czynników siedliska, poświęcając szczególną uwagę składowi petrograficznemu i granulometrycznemu substratu glebowego, przemianom substancji organicznej i chemicznym właściwościom frakcji mineralnych oraz organicznych gleb.

Główna część pracy jest poświęcona analizie i interpretacji dynamiki sezonowej wybranych właściwości gleby w ciągu trzech lat hydrologicznych. Autor uwzględnił kilkanaście parametrów, m.in. wilgotność aktualną i zapas wody, odczyn gleby, kwasowość wymienną i hydrolityczną, pojemność sorpcyjną, stopień nasycenia zasadami oraz skład jak też zawartość podstawowych kationów wymiennych. Łącznie autor dysponował ponad 32 tys. bankiem informacji podstawowych uzyskanych za pomocą bezpośrednich pomiarów. Jest to cenny wkład w poznanie koincydencji warunków środowiska glebowego z jednoznacznie zidentyfikowanymi typami zbiorowisk leśnych.

Pomimo mezoregionalnej skali badań wyniki uzyskane przez Autora mogą mieć ogólniejsze znaczenie. Wśród ważniejszych nowych stwierdzeń można wymienić wykazanie decydującego wpływu cech litogenicznych substratu glebowego w procesie glebotwórczym, wykazanie statystycznie istotnego podobieństwa rozkładu pionowego i dynamiki badanych cech w glebach powstałych w środowisku peryglacjalnym oraz wykazanie, że rozkład wilgotności w profilu glebowym jest nie tylko wskaźnikiem stosunków wodnych w biotopie, lecz również indykatorem trendów zmian w czasie innych właściwości gleby. Interesującym wynikiem jest także wyróżnienie sześciu okresów w roku różniących się przebiegiem procesów glebowych oraz określenie różnego stopnia stabilności czasowej badanych parametrów gleby, co może mieć metodyczne znaczenie przy planowaniu badań ekologicznych w zbiorowiskach leśnych. Ostatecznym wynikiem badań jest potwierdzenie na podstawie ilościowych

obserwacji ścisłego związku pomiędzy zróżnicowaniem zbiorowisk leśnych na fitosocjologicznie ujęte jednostki a warunkami środowiska glebowego – także w ujęciu dynamicznym.

Rozprawa jest samodzielną pracą naukową opartą na obszernym i przekonująco opracowanym materiale źródłowym; wnosi ona sporo stwierdzeń i sformułowań o znaczeniu poznawczym i metodycznym.

*Władysław Matuszkiewicz*

## WSTĘP

Piaski należą do pospolitych i silnie zróżnicowanych skał osadowych na Nizinie Polskiej. Przestrzenna i genetyczna różnorodność utworów piaszczystych, będąca wynikiem odmiennych procesów morfolitogenicznych oraz destrukcyjnych w poszczególnych terenach czy regionach, jest przyczyną istnienia mozaiki jednostek litologicznych o specyficznych właściwościach fizykochemicznych substratu. W odróżnieniu od skał cięższych, piaski cechuje mała powierzchnia zewnętrzna, niska pojemność sorpcyjna i wodna. Powoduje to wyraźniejsze niż w utworach zwięźlejszych uwidacznianie się wpływu już niewielkich bezwzględnych zmian właściwości petrograficznych, granulometrycznych czy mineralogicznych na ich żyzność warunkującą rozwój elementu biotycznego. Litologiczne właściwości podłoża łącznie z dynamiką czynnika biotycznego (szczególnie fitogenicznego) wywierają zasadniczy wpływ na procesy pedogeniczne oraz rozwój całych układów strukturalno-funkcjonalnych typu ekosystemów (Kuźnicki 1956; Adamczyk 1964; Białousz 1978; Bednarek, Prusinkiewicz 1980; Prusinkiewicz 1985) powodując ekologiczną różnorodność biotypów wykształconych w piaskach: od suchych i ubogich z glebami bielicoziemnymi i roślinnością borową, np. należąca do zespołu *Cladonio-Pinetum* (Prusinkiewicz i in. 1982) do wilgotnych i żyznych z glebami brunatnoziemnymi i roślinnością lasów liściastych, np. należąca do zespołu *Tilio-Carpinetum* (Prusinkiewicz, Biały 1976).

Przestrzenny rozkład cech glebowych, które są pod wpływem właściwości substratu oraz całego kompleksu czynników egzogenicznych, jest zatem dobrym indykatorem ekologicznego zróżnicowania biotopów. W następstwie ciągłych zmian stanu środowiska geograficznego (np. warunków higrotermicznych) oraz procesów geo- i biochemicznych wahaniom ulegają również wartości charakterystyk glebowych. Niemniej jednak, dokładne poznanie stanu fizykochemicznego gleb oraz uwzględnienie dynamiki ich właściwości pozwala dokładnie wskazać istotne różnice ekologiczne pomiędzy poszczególnymi jednostkami taksonomicznymi (siedliskami).

Fizykochemiczne właściwości leśnych gleb wykształconych w piaskach zostały stosunkowo dobrze poznane na obszarze Polski. Traktuje o nich wiele prac szczegółowych (Dobrzański 1949; Kuźnicki 1956, 1957; Borowiec 1960; Giedroń 1961; Kowalkowski 1961, 1977; Królowa 1963; Trzecki 1968; Kępa 1968; Bednarek 1970; Kuźnicki, Skłodowski 1974; Degórski 1979, 1985), syntez o charakterze studiów regionalnych (Musierowicz 1954; Kuźnicki 1956; Czerwiński 1965; Królowa 1966; Konecka-Betley, Królowa 1967; Uggla 1969; Kowalkowski, Nowak 1968a, b; Prusinkiewicz 1970; Białousz 1978; Kuźnicki i in. 1978a, b; Prusinkiewicz i in. 1982). Nieliczne są natomiast prace

analityczne na ten temat będące próbą charakterystyki zmienności sezonowej cech glebowych (Dobrzański 1949; Roo-Zielińska 1980). Szczegółowo określone są również wzajemne relacje (typu interakcji) pomiędzy właściwościami gleb lekkich a florystyczno-strukturalnymi typami zbiorowisk roślinności leśnej (Borowiec 1961, 1969, 1973; Polakowska 1972; Borowiec, Wybieralska 1974; Matuszkiewicz 1974; Kowalkowski 1979; Roo-Zielińska 1980; Uggla 1980; Prusinkiewicz i in. 1982; Degórski 1985). Brakuje natomiast opracowań o charakterze kompleksowej analizy siedliskowej, które określiłyby wpływ istotnych elementów środowiska geograficznego na rozwój i charakter istniejącej obecnie mozaiki glebowo-roślinnej oraz uwzględniłyby jednocześnie zmienność zjawisk glebowych w czasie. Taki kierunek badań uważany jest za nową strategię pedologii (Dudał 1987).

Niniejsza praca jest próbą kompleksowego ujęcia problematyki ekologicznej w badaniach pedologicznych. Przedmiotem poznania były lekkie gleby siedlisk lasów liściastych wykształcone w piaskach fluwioglacjalnych i fluwialnych. Zakres prowadzonych badań obejmował: ekologiczną ocenę wpływu poszczególnych abiotycznych elementów środowiska geograficznego na rozwój oraz zróżnicowanie fitopedologiczne poszczególnych biotopów oraz określenie zmienności wybranych fizykochemicznych cech glebowych.

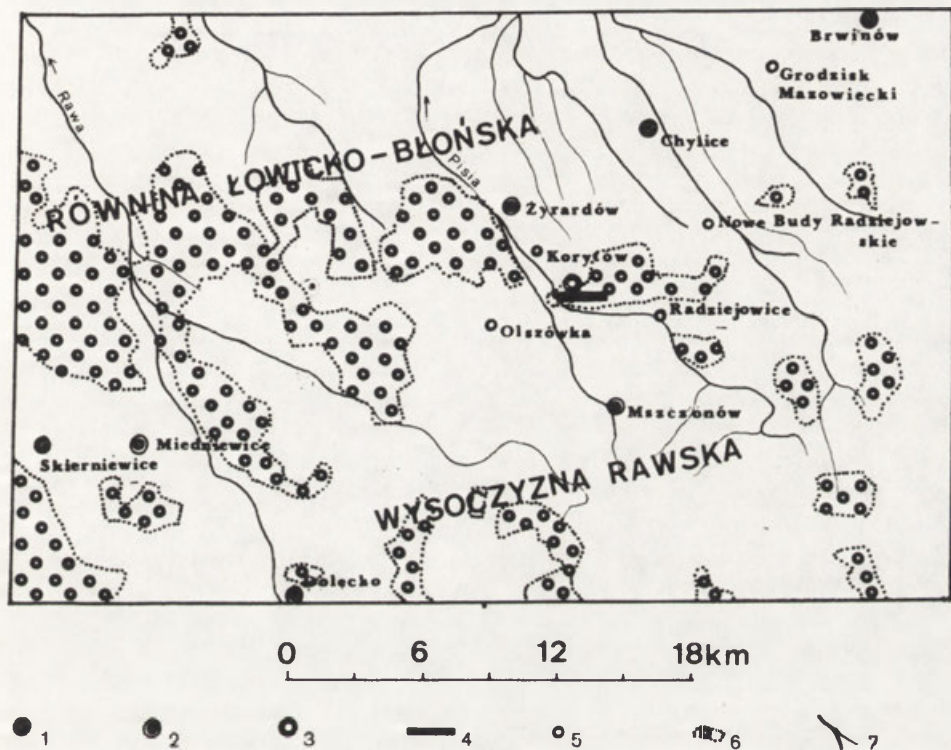
Celem pracy była zatem analiza warunków siedliskowych oraz dynamiki właściwości wodnotroficznych lekkich gleb leśnych, obejmująca następujące problemy i zadania badawcze:

- określenie czynników pedogenicznych, które zadecydowały o zróżnicowaniu pokrywy glebowej, a tym samym wpłynęły na przestrzenno-strukturalną organizację krajobrazu;
- określenie sezonowego, rocznego i wieloletniego przebiegu wybranych fizykochemicznych właściwości gleb;
- porównanie zmienności analizowanych cech glebowych z dynamiką czynników egzogenicznych siedlisk (np. stosunkami higrotermicznymi);
- uporządkowanie cech glebowych, przyjmując jako kryterium stopień ich zmienności w czasie;
- ustalenie, które z glebowych cech podkreślają ekologiczną odrębność poszczególnych jednostek taksonomicznych (biotopów);
- uszeregowanie ekosystemów leśnych zależnie od typów dynamiki analizowanych właściwości gleb;
- sprawdzenie czy typologia zbiorowisk roślinnych oparta na kryteriach florystyczno-strukturalnych znajduje potwierdzenie w dynamicznym i przestrzennym rozkładzie wartości cech glebowych.

Charakteryzując poszczególne właściwości gleb starano się (o ile było to możliwe) porównywać uzyskiwane wyniki analityczne z rezultatami badań prowadzonych w podobnych warunkach pedologicznych innych części Niżu Polskiego. Pozwoliło to wskazać właściwości ekologiczne, które zadecydowały o wykształceniu się wymagającej siedliskowo grupy biocenoz lasów liściastych na ubogim materiale geologicznym – piaskach fluwioglacjalnych.

Realizacja niniejszego tematu finansowana była z funduszy problemu międzyresortowego MR I.25, a następnie Centralnego Planu Badań Podstawowych 03.13.03.

Powierzchnie modelowe założono w lasach leśnictwa Korytów (Nadleśnictwo Grójec), w dolinie rzeki Pisi Gągoliny, około 5 km na południowy-wschód od Żyrardowa, pomiędzy wsiami Korytów i Radziejowice. Cały kompleks leśny zajmuje powierzchnię około 150 ha, między 20°29' a 20°35' dł. geogr. wsch. i 52°01' a 52°02' szer. geogr. płn. (ryc. 1) i jest pozostałością



Ryc. 1. Położenie obszaru badań na tle regionów geograficznych

1 – stacje meteorologiczne, 2 – posterunki opadowe, 3 – posterunek opadowy na powierzchni badań, 4 – powierzchnia badań, 5 – miejscowości, 6 – kompleksy leśne, 7 – sieć rzeczna

Localization of research area against a background of geographical regions

1 – meteorological station, 2 – precipitation measurement station, 3 – precipitation measurement station on the research area, 4 – research area, 5 – localities, 6 – forest area, 7 – drainage

istniejącej tu niegdyś Puszczy Jaktorowskiej o doskonale zachowanych naturalnych siedliskach, w których zarówno przed drugą wojną światową, jak i po wojnie prowadzono wzorową gospodarkę leśną. Nie wykonywano zrębów zupełnych i nie wprowadzano obcych siedliskowo gatunków drzew.

Umożliwiło to autorowi analizę przebiegu procesów glebowych w dobrze wykształconych, typowych siedliskach leśnych, mało zmienionych antropogenicznie.

1. Podstawowe informacje o projekcie i jego celach. W tym celu należy opisać, jakie cele ma osiągnąć projekt, jakie są jego cele i jakie są jego cele. Należy również opisać, jakie są cele i jakie są cele.



2. Opis projektu i jego realizacji. W tym celu należy opisać, jakie są cele i jakie są cele. Należy również opisać, jakie są cele i jakie są cele.

3. Wyniki projektu i jego realizacji. W tym celu należy opisać, jakie są cele i jakie są cele. Należy również opisać, jakie są cele i jakie są cele.

## METODYKA BADAŃ

### ZAŁOŻENIA OGÓLNE BADAŃ

W dolinie rzeki Pisi Gągoliny i przyległej wysoczyźnie wytyczono transekt przecinający jej oś. Na linii transektu założono 5 powierzchni modelowych. Przy zakładaniu poletek doświadczalnych kierowano się syntaksonomicznym zróżnicowaniem roślinności. Podstawą florystyczno-strukturalnej analizy fitocenozy były zdjęcia fitosocjologiczne wykonane dla każdej powierzchni metodą J. Braun-Blanqueta (1964)<sup>1</sup>. Zebrany materiał florystyczny został opracowany tabelarycznie, co pozwoliło wydzielić jednostki lokalne dobrze określone kombinacją grup gatunków wyróżniających.

W obrębie każdej powierzchni modelowej wykonano odkrywkę do głębokości 2,5 m, a także kilka wierceń do głębokości zalegania pierwszego poziomu wód gruntowych. Ze względu na wysoki poziom występowania wód gruntowych (w strefie bezpośredniego oddziaływania na systemy korzeniowe roślin), na powierzchniach 1, 2, 3 w otwory wiertnicze wprowadzono perforowane rury plastikowe. Pozwoliło to na prowadzenie stałych obserwacji wahań poziomu wód gruntowych.

Na każdej powierzchni doświadczalnej wytyczono mikropoletko badań empirycznych (ok. 50 m<sup>2</sup>) o warunkach siedliskowych w przybliżeniu reprezentatywnych dla danego syntaksonu, tzn. o jednorodnym układzie strukturalno-florystycznym i zbliżonych cechach mikrosiedliskowych (np. mikrorelief, nasłonecznienie itd.). Elementarną jednostką badawczą był zatem biotop scharakteryzowany przez określony typ gleby i typ zbiorowiska roślinnego.

W ciągu 3 lat hydrologicznych (od 1 11 1980 r. do 15 10 1983 r.) prowadzone były ciągłe obserwacje dynamiki wybranych właściwości hydrotroficznych gleb. Przyjęcie roku hydrologicznego, a nie kalendarzowego, jako okresu obserwacji było nieprzypadkowe. W wyborze tym kierowano się przebiegiem zjawisk hydrologicznych w ciągu roku, pozostających w ścisłym związku z dynamiką stosunków wodnych w glebie.

---

<sup>1</sup> Diagnoza płatu fitocenozy, zdjęcia fitosocjologiczne i określenie ich przynależności fitosocjologicznej zostały wykonane przez Prof. dr. hab. Władysława Matuszkiewicza. Nazwy roślin naczyniowych przyjęto według F. Ehrendorfera (1973), mszaków – według H. Gamsa (1957).

## METODY BADAŃ ŚRODOWISKA GEOGRAFICZNEGO

Badania środowiska geograficznego obejmowały charakterystykę przemian morfologii i cech poszczególnych elementów krajobrazu na wytyczonej linii badań, które zachodziły w ostatnich okresach geologicznych (późny plejstocen, holocen) lub też występują współcześnie. Ustalono wpływ warunków litologiczno-morfologicznych i higrotermicznych na przebieg procesów pedogenicznych oraz na obecny kształt właściwości ekologicznych biotopów.

Punktem wyjścia do prac związanych z charakterystyką środowiska geograficznego obszaru badań było zebranie i syntetyczne opracowanie istniejących danych kartograficznych (mapy topograficzne byłego powiatu żyrardowskiego w skalach 1:10 000 i 1:25 000, mapa litologiczna okolic Żyrardowa w skali 1:25 000, mapa geomorfologiczno-litologiczna w skali 1:100 000), archiwalnych (dane Archiwum Instytutu Geologii UW, Archiwum Instytutu Hydrogeologii i Geologii Inżynierskiej UW, Archiwum Instytutu Rozwoju Kolei), dokumentacyjnych (Mizeria 1947; Skiba 1970; Miecznicki 1972) oraz wykonanie niezbędnych – uzupełniających prac terenowych.

Analizę warunków geomorfologicznych przeprowadzono pod kątem ustalenia morfogenezy badanego obszaru na tle rozwoju rzeźby dwu jednostek regionalnych: Wysoczyzny Rawskiej i Równiny Łowicko Błońskiej. Do tego celu wykorzystano sporo opracowań geomorfologicznych (Dylik 1947; Mizeria 1947, 1953; Świerczyński 1952; Balińska-Wuttke 1960, 1965; Michalska 1969; Mojski 1969; Różycki 1969, 1972a; Klatkowa 1972; Klajnert 1978; Krupiński 1978; Wasiak 1979) oraz wyniki własnych badań. Podjęto próbę uporządkowania poglądów dotyczących morfogenezy badanego obszaru.

Oceny warunków litologicznych dokonano na podstawie analizy danych geologicznych zebranych w czasie wykonywania wierceń i wkopów diagnostycznych oraz na podstawie danych otrzymanych z Archiwum Wierceń Instytutu Rozwoju Kolei w Warszawie, dysponującego dokumentacją geologiczną wykonaną w czasie budowy Centralnej Magistrali Kolejowej.

Do określenia warunków hydrograficznych panujących na badanym obszarze wykorzystano dane charakteryzujące wszystkie elementy bilansu wodnego obliczonego dla zlewni Pisi Gągolino (Skiba 1970) oraz wyniki pomiarów sezonowych wahań pierwszego poziomu wodonośnego. Pomiar dynamiki poziomu wód gruntowych (jak już zaznaczono wcześniej) prowadzone były w rurach zainstalowanych na powierzchniach 1, 2, 3 w odstępach dwutygodniowych. Na każdej powierzchni były trzy punkty obserwacyjne. Wyniki podano jako średnią arytmetyczną odczytów z tych punktów (replikacji). W siedliskach z głębokim zaleganiem wód gruntowych (4, 5) wahania oszacowano matematycznie metodą Kamieńskiego (za Pazdro 1977).

W celu poznania warunków klimatycznych obszaru badań wykorzystano dane klimatyczne udostępnione przez PIMiGW dla stacji meteorologicznych w Brwinowie i Skierniewicach, posterunków opadowych w Piastowie, Pruszkowie, Miedniewicach, Dolecku, Mszczonowie, Żyrardowie, a także dokumentację klimatyczną otrzymaną ze Stacji Doświadczalnej SGGW-AR w Chylicach (ryc. 1). Do otrzymania pełniejszej charakterystyki stosunków higrotermicznych analizowanych siedlisk wykonano również pomiary dekadowych sum opadów, które prowadzone były przez autora w latach 1982–1983 za pomocą



deszczomierza, zainstalowanego na terenie Leśnictwa Korytów. Na podstawie posiadanych danych meteorologicznych dla kilku punktów położonych wokół obszaru badań przeprowadzono interpolację wartości wybranych cech klimatu. Posłużyła ona do oszacowania średnich warunków klimatycznych charakterystycznych dla obszaru badań, a także określenia punktu pomiarowego, którego wskazania są najbardziej zbliżone do oszacowanych wartości. Punktami takimi były: posterunek opadowy w Żyrardowie i stacja meteorologiczna w Chylicach. Do dalszej analizy klimatu obszaru badań wykorzystano dane meteorologiczne z Chylic oddalonych o około 6 km na północny-wschód od powierzchni doświadczalnych. Na ich podstawie wykonano:

- diagramy klimatyczne Waltera (Walter, Leith 1960) – dla poszczególnych lat okresu badań i wielolecia;
- diagram zmienności miesięcznych sum opadów w okresie badań – określający wartość odchylenia poszczególnych sum miesięcznych od wartości średnich miesięcznych sum opadów obliczonych dla wielolecia; diagram dekadowej zmienności sum opadów, średnich temperatur powietrza i obliczonych dla każdego 10 dni wartości współczynnika higrotermicznego Sielaninowa.

Analizę gatunków roślin i zbiorowisk roślinnych wykonano na podstawie przeprowadzonej inwentaryzacji fitosocjologicznej, zgodnie z zasadami podanymi przez W. Matuszkiewicza (1981). Spis roślin wykonany dla każdej powierzchni badawczej został wykorzystany również do obliczenia wartości wskaźników ekologicznych K. Zarzyckiego (1984) w zakresie: trofizmu ( $Tr$ ), wilgotności ( $W$ ), odczynu ( $R$ ).

Punktem wyjścia do badań pedologicznych była diagnoza poszczególnych poziomów genetycznych w pięciu profilach glebowych oraz określenie typów gleb i próchnicy nadkładowej. Do kodowania poziomów genetycznych zastosowano zapis systemu BIGLEB, przyjmując go za A. Kowalkowskim (Kowalkowski, Borzyszkowski, Porębska 1981). Taksonomię gleb przeprowadzono na podstawie Systematyki Gleb Polski PTG (1974) oraz typologii genetyczno-paleogeograficznej (Kowalkowski, Borzyszkowski, Porębska 1981), próchnicy nadkładowej – zgodnie z klasyfikacją Z. Prusinkiewicza (1961, 1975). Dla poszczególnych profili wykonano kartograficzne szkice gleb (metodą kwadratów), zwracając szczególną uwagę na cechy morfogenetyczne, np. ślady wietrzenia mrozowego czy gleb kopalnych. W odkrywkach glebowych dla każdego poziomu genetycznego określono barwę według skali J. Munsella (1971) oraz pobrano reprezentatywne próbki materiału glebowego (standardowe i o nienaruszonej strukturze w cylinderki o pojemności 1000 cm<sup>3</sup>). Do badań właściwości substratu pobrano dodatkowo materiał z poziomów kontaktowych pomiędzy strefami przekształceń peryglacialnych (łącznie 27 obiektów badań), do analizy granulometrycznej i oceny właściwości higroskopijnych – liczbę punktów pomiarowych zagęszczono do 1 dm w warstwie 50 cm i do 3 dm poniżej 50 cm (łącznie 52 obiekty badań). Pobrany materiał posłużył do oznaczenia podstawowych cech litologicznych substratu oraz właściwości fizycznych i chemicznych badanych gleb. Wykonano poniżej opisane analizy.

1. Analiza petrograficzna – we frakcji lekkiej (0,5–0,8 mm) i ciężkiej (0,05–0,2 mm) określając skład mineralogiczny. Frakcję lekką badano pod

lupą dwuoczną. Wobec trudności z rozfrakcjonowaniem „na sucho” niektórych próbek gleb zdiagnozowanych, wykonano preparaty proszkowe, które zbadano w imersji pod mikroskopem polaryzacyjnym. Frakcję ciężką gleb wyodrębniono w bromoformie. Na podstawie uzyskanych wyników obliczono współczynniki liczbowe charakteryzujące zawartość minerałów nieodpornych, średnioodpornych i odpornych na czynniki transportu i wietrzenia.

2. Analiza obróbki ziarna kwarcowego – metodą graniformometrii mechanicznej B. Krygowskiego (1964). Analizie poddano frakcje piasku grubego (0,5–1,0 mm). Uzyskane wyniki przedstawiono graficznie w postaci histogramów opracowanych dla każdej próbki. Obliczono wskaźniki obróbki materiału geologicznego ( $W_o$ ) oraz niejednorodności ( $Nm$ ). Ponadto, dla każdej próbki określono procentową zawartość ziarn okrągłych ( $\gamma$ ), ziarn półgrianiastych ( $\beta$ ) i ziarn grianiastych ( $\alpha$ ), a wyniki naniesiono na trójkąt Ossana.

3. Uziarnienia – dla frakcji większych od 0,1 mm metodą sitową (używając sit o średnicach oczek: 20, 10, 1, 0,5, 0,25, 0,1 mm) oraz dla frakcji mniejszych od 0,1 mm metodą aerometryczną Bouyoucosa w modyfikacji Casagrande'a i Prószyńskiego. Podział materiału na frakcje mechaniczne i określenie grup mechanicznych zostało opracowane na podstawie ogólnie przyjętych ustaleń Polskiego Towarzystwa Gleboznawczego z 1973 r. Otrzymane wyniki naniesiono na siatki prawdopodobieństwa w skali Phi, w postaci krzywych kumulatywnych i odczytano wartości parcentyli: 5, 10, 15, 25, 50, 75, 85, 90, 95. Następnie obliczono podstawowe statystyczne wskaźniki uziarnienia, jak:

– odchylenie standardowe (wysortowanie) według R. B. Mc Carmon (1962):

$$\delta = \frac{\sigma_{95} + \sigma_{85} - \sigma_{15} + \sigma_5}{5,4};$$

– kurtoza graficzna – R. L. Folk, W. C. Ward (1957):

$$K_G = \frac{\sigma_{95} - \sigma_5}{2,44 (\sigma_{75} - \sigma_{25})};$$

– asymetria (skośność) G. M. Friedman (1962):

$$\alpha_s = (\sigma_{95} + \sigma_5) - 2 (\sigma_{50});$$

– wysortowanie – K. Rotnicki (1970):

$$P_s = \sigma_{90} - \sigma_{10}$$

4. Analiza przemiany substancji organicznej w poziomach powierzchniowych – metodą ekstrakcji i frakcjonowania związków próchnicznych P. Duchaufourea i F. Jacquina (1966). Rozdzielenie na frakcję lekką (wolną) i ciężką (związaną) przez dekantację (z użyciem roztworu pirofosforanu sodu) przeprowadzono zgodnie z metodą G. Monnier (Monnier, Ture, Joanson-Luusinang 1962).

Oznaczono następujące cechy glebowe:

- połową pojemność wodną (PPW);
- maksymalną kapilarną pojemność wodną (KPW max);
- gęstość objętościową ( $M_o$ ) – metodą Królowej (przez nasycenie i odsączenie wody w próbkach o nienaruszonej strukturze);

- maksymalną higroskopijność (*MH*) – metodą Nikołajewa;
- gęstość właściwą (*M<sub>w</sub>*) – piknometrycznie;
- porowatość ogólną (*Po*) – jako  $\frac{M_w - M_o}{M_w} 100\%$ ;
- pojemność powietrzną (*Pp*) – jako *Po* – PPW;
- węgiel organiczny (C) – zmodyfikowaną metodą Tiürina;
- azot ogólny (N) – zmodyfikowaną metodą Kjeldahla;
- węgiel wapniowy (CaCO<sub>2</sub>) – metodą objętościową Scheiblera;
- fosfor przyswajalny (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) – metodą Egnera w modyfikacji Rhielma;
- siarkę ogółem (So) – metodą stopu;
- siarkę siarczanową (SO<sup>-2</sup><sub>4</sub>) – nefelometrycznie;
- żelazo wolne (Fe) – metodą Aquillera i Jacksona.

Wszystkie oznaczenia wykonywano w trzykrotnym powtórzeniu, a wyniki podano jako wartości średnie (w procentach lub miliequivalentach).

Pozostałe cechy glebowe (charakteryzujące właściwości sorpcyjne) analizowano w ujęciu dynamicznym, a ich wartości podane w charakterystyce ogólnej gleb są średnią z całej serii pomiarów. Metody oznaczeń tych cech przedstawiono w dalszej części pracy.

## METODY BADAŃ DYNAMIKI WYBRANYCH WODNO-TROFICZNYCH WŁAŚCIWOŚCI GLEB

### PRACE TERENOWE

Obserwacje ciągłe prowadzono na każdej z pięciu powierzchni badawczych od listopada 1980 r. do października 1983 r. Próbkę glebowe pobierano ze wszystkich poziomów genetycznych badanych gleb (do oznaczania wilgotności co 10 cm) dwa razy w miesiącu (w połowie i pod koniec każdego miesiąca). Jedynie w warunkach ostrej zimy w grudniu 1981 r., w styczniu 1982 r. i w styczniu 1983 r., próbki glebowe pobrano raz w miesiącu. W celu zmniejszenia ryzyka błędu, materiał glebowy pobierano jednorazowo z trzech punktów każdego poletka, tworząc próbkę mieszaną.

### ANALIZY LABORATORYJNE

Do wszystkich analiz laboratoryjnych stosowano ogólnie przyjęte metody oznaczeń analitycznych i techniki przeliczeń (Brogowski, Czerwiński 1971; Dobrzański, Uziak 1972; Kowalkowski 1973a; Puchalski, Prusinkiewicz 1975). Prace analityczne prowadzono na świeżym materiale glebowym wykonując trzy replikacje każdego oznaczenia. Podczas obliczania wyników, które podawane są dla suchej masy glebowej, uwzględniano poprawkę na aktualną wilgotność badanego materiału.

Poszczególne cechy glebowe analizowano w różnych odstępach czasu, zależnie od przyjętej na podstawie literatury ich labilności (Ugla, Ugla 1979; Roo-Zielińska 1980). Wykonano następujące oznaczenia:

- 1) w odstępach dwutygodniowych:
  - wilgotność gleby – metodą suszarkowo-wagową;

– kwasowość czynną gleby ( $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ ) – potencjometrycznie (pehametrem cyfrowym N517);

2) w odstępach miesięcznych:

– kationy wymienne – wymienny wapń ( $\text{Ca}^{++}$ ), wymienny sód ( $\text{Na}^+$ ), wymienny potas ( $\text{K}^+$ ) – metodą fotometryczną (fotometrem płomieniowym Zeissa z palnikiem acetylenowo-powietrznym Lundegardha), wymienny magnez ( $\text{Mg}^{++}$ ) – metodą adsorpcji atomowej (AAS firmy Perkin Elmer); stosując jako roztwór wypierający 1 normalny octan amonu o  $\text{pH}$  6,8 ( $\text{CH}_3\text{COOH}_4$ );

– wymienny wodór ( $\text{H}^+$ ) metodą Sokołowa;

3) sezonowo (raz na 3 miesiące):

– kwasowość hydrolityczną ( $H_h$ ) – metodą Kappena,  
 – kwasowość wymienną ( $H_w$ ) – metodą Sokołowa,  
 – wymienny glin ( $\text{Al}^{+++}$ ) – metodą Sokołowa,  
 – żelazo ruchome ( $\text{Fe}^{++}$ ;  $\text{Fe}^{+++}$ ) – metodą Gereia w wyciągu 0,1 normalnego  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , przy użyciu AAS firmy Perkin-Elmer.

Na podstawie otrzymanych wyników analitycznych obliczono:

1) ogólny zapas wody glebowej<sup>2</sup> ( $Z_o$ ) – jako  $\frac{W \cdot M_o \cdot h}{10}$  (mm), gdzie  $h$  oznacza miąższość analizowanej warstwy gleby;

2) zapas wody dostępnej dla roślin ( $Z_d$ ) – jako  $Z_o - Z_N$ , gdzie  $Z_N = 1,5 \text{ MH} \cdot M_o \cdot h \cdot 10^{+1}$ <sup>3</sup>;

3) zapas wody użytecznej biologicznie ( $Z_{ub}$ ) – jako  $Z_o - Z_N$ ; gdzie  $Z_N = 0,9 \text{ MH} \cdot M_o \cdot h \cdot 10^{+1}$ ;

4) sumę zasadowych kationów wymiennych ( $S$ ) – jako sumę  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ;

5) pojemność kompleksu sorpcyjnego ( $T$ ) – jako  $H_h + S$ ;

6) stopień wysycenia gleb kationami o charakterze zasadowym ( $V$ ) – jako  $\frac{S}{T} \cdot 100\%$ .

#### STATYSTYCZNE OPACOWANIE DANYCH

Otrzymane wyniki ilościowe opracowano w miarę potrzeb matematycznie wykorzystując odpowiednie techniki obliczeniowe i testy statystyczne (Elandt 1964; Oktaba 1966; Gregory 1976). Większość obliczeń wykonano na podstawie opracowanych programów informatycznych, wykorzystując maszyny cyfrowe<sup>4</sup>. Dysponowano około 32 tysięcznym bankiem danych<sup>5</sup>.

<sup>2</sup> Ogólny zapas wody glebowej obliczono jako sumę zapasów określoną dla każdej 10 cm warstwy gleby: w profilu 1 – dla 60 cm gleby, w profilu 2 – dla 100 cm gleby, w profilu 3, 4, 5 – dla 180 cm gleby.

<sup>3</sup> Najczęściej za wodę niedostępną dla roślin przyjmuje się wilgotność trwałego wędnięcia, która w glebach wykształconych w piaskach wynosi około 1,3–1,7 MH (Królowska 1966, Prusinkiewicz 1975).

<sup>4</sup> Opracowanie numeryczne wykonano w Centrum Obliczeniowym Instytutu Melioracji i Użytków Zielonych.

<sup>5</sup> Dane podstawowe i wyniki przetworzone matematycznie w postaci wydruków komputerowych znajdują się w Zakładzie Biogeografii IGiPZ PAN.

Materiałem wyjściowym do statystycznego opracowania danych były tabele zawierające bezpośrednie wyniki oznaczeń analitycznych i technik przeliczeniowych. Tabele zostały sporządzone oddzielnie dla poszczególnych cech glebowych, kolejnych lat obserwacji i poziomów genetycznych. W przypadku porównywania cech glebowych w analogicznym poziomie genetycznym, pomiędzy poszczególnymi profilami, przyjęto system odniesienia, tak zwany poziom analityczny (tab. 1).

Tabela 1  
Wykaz porównywanych pomiędzy sobą poziomów genetycznych

Poziom analityczny	Profil				
	1	2	3	4	5
1	AG	Ah(B)	Ah(B)	AE	AE
2	Gor	Bv(B)	BvAk(B)	BvBh	Bv(B)
2'	Gor	Bv(B)	BvAk(B)	Bv	Bv(B)
3	Gor	Bv(B)	Bv(B)	Bv	Bv(B)
4	Gor	Gor	Bv(B)C	BvC	Bv(B)C
4'	Gor	Gor	Bv(B)C	BvCcon	Bv(B)C
5	Gor	Gr	CG	Dg	C

Na podstawie zawartych w tabelach danych wyjściowych obliczono dla każdej cechy i obiektu badań (poziomu genetycznego) następujące charakterystyki statystyczne:

- miesięczne, sezonowe i roczne wartości średnie;
- wartości średnie dla okresu badań.

Otrzymane wartości średnie wykorzystano, m.in. do określenia prostych współzależności pomiędzy wybranymi cechami glebowymi typu korelacji liniowej, w układzie każda z każdą. Testem statystycznym objęto następujące cechy i charakterystyki glebowe: wilgotność ( $W$ ), zawartość części spławialnych, zawartość węgla organicznego ( $C$ ), stosunek azotu ogólnego do węgla organicznego ( $C:N$ ), stopień nasycenia kompleksu sorpcyjnego kationami zasadowymi ( $V$ ), sumę kationów o charakterze zasadowym ( $S$ ), pojemność kompleksu sorpcyjnego ( $T$ ), stopień humifikacji ( $Sh$ ), stosunek kwasów huminowych do fulwowych ( $C_h:C_f$ ).

Następnym etapem opracowania statystycznego była wielokierunkowa analiza wyników dynamiki cech glebowych. Obliczenia prowadzono w układzie ortogonalnym, to znaczy dysponując tą samą liczbą replikacji wszystkich cech. Wykonano je dla dwu wariantów obserwacyjnych:

- miesięcznego, w którym badano 7 cech ( $pH^{\circ}$ ,  $W$ ,  $H^+$ ,  $Ca^{++}$ ,  $Mg^{++}$ ,  $K^+$ ,  $Na^+$ );
- sezonowego, w którym badano 14 cech ( $pH$ ,  $W$ ,  $H^+$ ,  $Al^{+++}$ ,  $H_w$ ,  $Fe^{++}$ ,  $Ca^{++}$ ,  $Na^+$ ,  $Mg^{++}$ ,  $K^+$ ,  $S$ ,  $H_h$ ,  $T$ ,  $V$ ).

Wykorzystano przedstawione poniżej testy statystyczne.

<sup>o</sup> Obliczenia pH wykonywano przy zastosowaniu modelu przeliczeniowego wartości odczynu na kwasowość specyficzną.

1. Analiza korelacji i regresji (w układzie każdy z każdym) – zastosowano współczynnik korelacji liniowej. Kształt rozkładu zmiennych określono funkcją regresji drugiego rodzaju, przyjmując jej liniowość na podstawie testu serii. Dla każdej funkcji obliczono równanie prostej i parametry krzywych ufności. Z uwagi na dużą liczebność próby, z ryzykiem błędu nie większym niż 1%, stwierdzono że korelacja o bezwzględnej wartości współczynnika większej od 0,41 jest nieprzypadkowa, a o wartości współczynnika większej od 0,81 jest bardzo silna. Uzyskane wyniki ułatwiły interpretację wzajemnych relacji pomiędzy poszczególnymi cechami, które zachodzą we wszystkich poziomach genetycznych.

2. Test Duncana (wg błędu standardowego różnicy) – pod względem wielu zmiennych losowych porównano 5 obiektów bez replikacji, w serii powtórzeń ciągłych, z uwzględnieniem zmian wartości w czasie. Wyodrębniono grupy siedlisk statystycznie istotnie różne pod względem wartości badanych cech środowiska glebowego, które następnie uszeregowano i pogrupowano. Na podstawie uzyskanych wyników określono całkowite względne podobieństwo pomiędzy poszczególnymi biotopami, jako stosunek statystycznie istotnych zależności od potencjalnie możliwych. Każda zależność międzyobiektowa uwzględniała rozkład 14 cech w 7 poziomach analitycznych.

3. Analizę wariancji z podblokami (w układzie split-block) przeprowadzono według modelu losowego, przyjmując jako obiekty – poszczególne gleby, jako bloki – terminy obserwacji, jako podbloki zaś – trzyletni okres badań. W hipotezie zerowej założono równość średnich obiektowych i brak istotnych interakcji (współdziałania) pomiędzy populacjami, wskazującą na stabilność siedlisk. W testowaniu wykorzystano rozkład Fischera-Snedecora. Otrzymane wyniki posłużyły do porównania obiektów nie tylko pod względem wartości średnich, ale również trzyletniej rytmiki zjawisk glebowych (zmienności sezonowej).

We wszystkich testach statystycznych, wnioskowanie przeprowadzono na poziomie 1 i 5% ryzyka błędu.

#### PREZENTACJA GRAFICZNA

Wyniki analizy statystycznej przedstawiono w postaci diagramów i schematów. Z uwagi na wpływ wielu przypadkowych czynników zewnętrznych na przebieg zjawisk glebowych oraz w celu zaprezentowania tylko głównych kierunków zmienności w graficznym opracowaniu wyników najbardziej labilnych cech glebowych ( $H^+$ ,  $Ca^{++}$ ,  $Mg^{++}$ ,  $Na^+$ ,  $K^+$ ) zastosowano 3-miesięczną średnią ruchomą.

W celu graficznej prezentacji wyników wykonano dla każdej gleby:

- wykresy zmienności cech dla trzyletniego okresu badań,
- wykresy średniego rocznego rozkładu cech,
- diagramy przeciętnej sezonowej zmienności wybranych cech,
- diagramy zmienności zapasów wody glebowej,
- kartogramy hydrochonoizoplet metodą interpolacji (Stalmirska 1968),
- diagramy różnicowania gleb pomiędzy poszczególnymi siedliskami.

## STATYSTYCZNE SPRAWDZENIE POPRAWNOŚCI BADAŃ

W celu określenia maksymalnego zróżnicowania wartości wyników w obrębie każdego mikropoletka — wynikającego bezpośrednio z labilności cech glebowych, a pośrednio z niedoskonałości metod stosowanych przy prowadzeniu obserwacji ciągłych — wykonano tak zwany test jednorodności próby. Polegał on na jednorazowym pobraniu w 10 punktach każdego poletka doświadczalnego próbek glebowych. Materiał glebowy pobierano ze wszystkich poziomów genetycznych do głębokości 50 cm.

Następnie według opisanych poprzednio metod oznaczono: wilgotność (W), kwasowość aktualną ( $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ ) oraz zawartość kationów wymiennych ( $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ). Otrzymane wartości poddano analizie statystycznej. Obliczono współczynnik zmienności przypadkowej ( $V$ ) oraz współczynnik dokładności oszacowania średniej ( $D$ ), przy 5% ryzyka błędu (Pawłowski 1981). Określono średnie maksymalne i potencjalne obciążenie wyników empirycznych naturalną zmiennością przestrzenną cech.

## WYNIKI

### CZYNNIKI GLEBOTWÓRCZE DECYDUJĄCE O ZRÓŻNICOWANIU POKRYWY GLEBOWO-ROŚLINNEJ

GLACJALNE I PERYGLACJALNE ZAŁOŻENIA RZEŻBY

#### Geomorfologiczna lokalizacja obszaru badań

Obszar badań położony jest w północnej części Wysoczyzny Rawskiej, określonej przez S. Z. Różyckiego (1972b) jako Wysoczyzna Mszczonowska. Rzeźba tego regionu jest typowa dla całego pasa bezzeziornych wysoczyzn południowomazowieckich, morfogenetycznie związanych z glacialnymi procesami starszych okresów zlodowacenia środkowopolskiego. Granice pomiędzy poszczególnymi jednostkami morfologicznymi przyjmowane są umownie (Balińska-Wuttke 1960; Różycki 1969; Kondracki 1978). Jedynie w zachodniej części regionu bardziej wyraźny wpływ starszych elementów strukturalnych na rzeźbę stanowi podstawę wyznaczenia przebiegu granicy Wyżyny Łódzkiej z Wysoczyzną Rawską. Większość geografów przyjmuje ją wzdłuż doliny Rawki (Dylik 1947; Klatkova 1972; Różycki 1972a; Klajnert 1978; Wasiak 1979).

Trwałe powierzchnie modelowe założono około 3–5 km na południe od krawędzi wysoczyzny, na jej kontakcie z Równiną Łowicko-Błońską, nazywaną w tym miejscu Równiną Żyrardowską (Świerczyński 1952). Krawędź rozgraniczająca te dwie jednostki geomorfologiczne przebiega od Nowych Bud Radziejowskich przez Korytów do Olszówki, a jej wysokość względna wynosi od 12 do 22 m. W rozwoju paleogeograficznym stanowiła ona trwałe element rzeźby (Różycki 1972b; Klajnert 1978).

#### Morfogenetyczna charakterystyka obszaru badań

Geomorfologia Wysoczyzny Rawskiej, podobnie jak rzeźba całej Polski Środkowej, ma charakter poligenetyczny. Badany obszar po raz ostatni zajęty był przez lodowiec w ostatniej glacyfазie (G III + I c) stadiału Warty (Różycki 1972b). Formy terenu, wykształcone w czasie cyklu glacialnego, uległy silnemu przeobrażeniu w wyniku procesów peryglacialnych. Niezależnie od wielu interpretacji stratygraficznych Würmu (Rühle 1965; Mojski 1969; Różycki



1972b) dla obszarów po raz ostatni zajętych przez lądolód Warty można przyjąć (za Rotnickim 1966) trzy okresy rozwoju zjawisk peryglacialnych: późny Riss, wczesny Würm i młodszy okres pełni Würmu. W późnym Würmie następowało stopniowe zamieranie sprawności procesów denudacji peryglacialnej, przy jednoczesnym rozwijaniu się procesów eolicznych, które wpłynęły na ostateczny kształt dzisiejszy krajobrazu, a także fizykochemiczne właściwości materiału litologicznego.

### Wysoczyzna

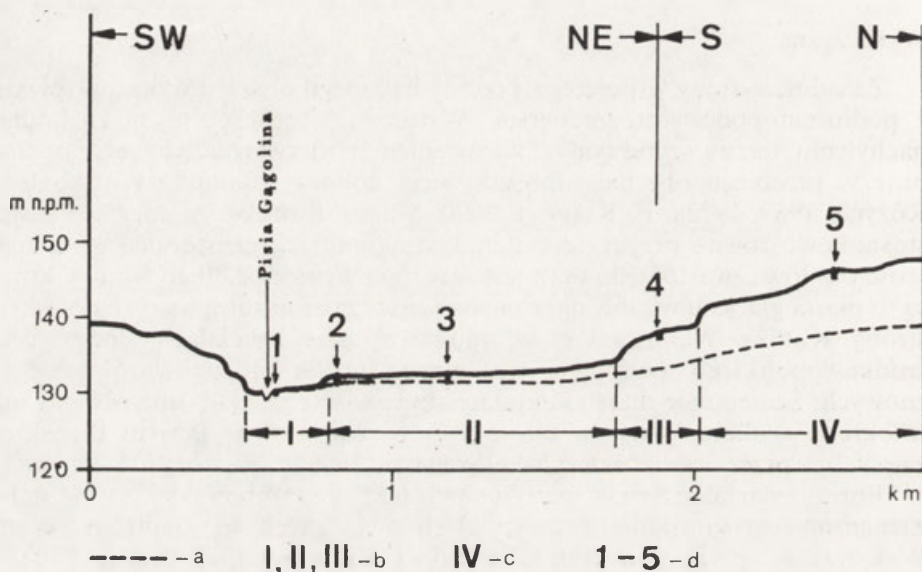
Zasadnicze zręby współczesnej rzeźby badanego obszaru wykazują związek z podłożem podczwartorzędowym. Wyraża się to w północno-zachodnim nachyleniu terenu, zgodnym z nachyleniem podczwartorzędowego podłoża oraz w przebiegu obecnie istniejącej sieci dolinnej (Balińska-Wuttke 1965; Różycki 1969, 1972a, b; Klajnert 1978). Starsze formacje geologiczne zostały stosunkowo równo przykryte materiałem akumulacji plejstoceniowej, a miąższość osadów czwartorzędowych jest znaczna i wynosi od 30 do 50 m. Głównie są to piaski glaciofluwialne, nagromadzone w czasie nasuwania się lądolodu od strony Kotliny Warszawskiej w młodszych glaciostadiach zlodowacenia środkowopolskiego i podparcia swobodnego spływu wód z obszarów wysoczyznowych. Szczególnie duża akumulacja była w interglacjale Bugo-Narwi oraz w okresie stadiału Wkry, w czasie którego cały obszar Basenu Błońskiego zajęty był przez lód (Ruszczyńska-Szenajch 1966).

Formy glacialne strefy marginalnej fazy mszczonowskiej są najslabiej zaznaczone orograficznie ze wszystkich związanych ze stadiem Warty. Wykształciły się one w zasięgu lobu Rawki (Klatkowa 1972; Różycki 1972a). Na badanym obszarze lądolód podlegał deglacjacji arealnej. Występuje tu wiele form związanych ze strefą stagnującego bądź też martwego lodu, jak: ozy subglacialne (Michalska 1969) i kemy (Klajnert 1978). Usytuowanie wałów kemowych dowodzi prostopadłego do krawędzi wysoczyzny zorientowania szczelin pomiędzy płatami stagnującego lub też całkowicie martwego lodu. O takim przebiegu szczelin zdecydował tu niewątpliwie próg krawędziowy. Wielu geomorfologów (m.in. Baraniecka 1975; Klajnert 1978) widząc zbieżność w przebiegu form kemowych i głównych elementów strukturalnych Wału Kujawskiego, wiąże rozwój szczelin lodowych z pionowymi ruchami podłoża mezozoicznego w schyłkowym okresie stadiału Warty<sup>7</sup>.

W czasie deglacjacji lodowa pokrywa najdłużej zalegała w pobliżu osi dolin. Doliny, nie mając jednak tak ciągłego charakteru jak obecnie, spełniały ważną rolę drenującą, zapewniając niezbędną dla akumulacji form obfitość i koncentrację wód roztopowych lodowca. Można tłumaczyć tym fakt bardzo częstego występowania wałów kemowych w sąsiedztwie dolin. Jedną z takich form stała się miejscem badań autora. Uzyskane wyniki wskazują, że materiał, z którego zbudowany jest kem, można zaliczyć do zespołu sedymentacyjnego osadów z zawiesiny (Grzybowski 1970), charakteryzującego się laminowym

<sup>7</sup> M. D. Baraniecka (1975) stwierdza, że w czwartorzędzie, w środkowej części Niżu Polskiego, przejawem stopniowego wygasania trzeciorzędowej aktywności tektonicznej podłoża są dwa wyraźne okresy (fazy) wzmożonych ruchów tektonicznych: faza kujawska i faza mazowiecka oraz trzecia – słabsza faza schyłkowego okresu stadiału Warty.

zaleganiem materiału drobnego z widocznym w sedymentach transportem bocznym. W dalszych etapach rozwoju rzeźby, pod wpływem denudacji i procesów mrozowych, formy kemowe zostały porozcinane przez suche doliny oraz nieki korozyjne na oddzielne ostwoy. Na jednym z takich wzniesień, stosunkowo niskim i mało rozłożystym, założono powierzchnię modelową nr 5 (ryc. 2).



Ryc. 2. Przekrój hipsometryczny przez dolinę Pisia Gągolina (wzdłuż transektu badań)

a – poziom wody gruntowej, b – terasy, c – forma glaciofluwialna, d – powierzchnie badań

Hypsometric section across Pisia Gągolina Valley (along the research transect)

a – ground water level, b – terraces, c – glaciofluvial form, d – research fields

## Dolina

Dolina rzeki Pisia Gągolina ma założenie glacialne (wyraźny związek pomiędzy kierunkiem odpływu wód roztopowych lodowca z dzisiejszym przebiegiem doliny), a jej współczesna morfologia posiada typowe cechy przeobrażenia peryglacialnego (asymetria doliny, nieproporcjonalna szerokość w stosunku do wąskiego ciekłu). Na badanym odcinku rzeki dolina charakteryzuje się trzema dobrze wykształconymi poziomami terasowymi, z których dwa najwyższe powstały w okresie Würmu (terasa wysoka i średnia), najniższy zaś w holocenie (terasa niska). Terasa wysoka powstała prawdopodobnie w wyniku kongeliflukcji związanej, przy współdziałaniu wód powierzchniowych spływających z wysoczyzny. W okresie zimnym wody płynące na poziomie terasy III, nie erodując w głąb, nadmiernie poszerzały dolinę. Erozji bocznej sprzyjał utrudniany przez pokrywy żwirowo-piaszczyste oraz eluwia akumulacji soliflukcyjnej swobodny spływ wód. Tworzyła się sieć strug i strumieni, spośród których wiele ramion w wyniku zablokowania odpływu stawało się zamkniętymi zbiornikami z typową dla nich sedymentacją bardzo drobnego materiału.

Działania tego procesu dowodzą liczne, kilku- lub kilkunastocentymetrowe warstwy mułków bądź też zdiagenezowanych iłów, przykrytych młodszym materiałem peryglacialnym. Obecnie pokłady drobnego zdiagenezowanego materiału powodują podpieranie wody opadowej w profilu glebowym. Sytuacja taka występuje na założonej w tym poziomie terasowym powierzchni nr 4.

Niższy poziom terasowy posiada inny charakter. Powierzchnia terasy jest płaska, o jednolitej budowie geologicznej – piaszczysty materiał akumulacji fluwialnej. W przeciwieństwie do górnego ten poziom funkcjonował niegdyś jako dno doliny Pra-Pisi, akumulującej materiał litologiczny powstały w wyniku kongeliflukcji i procesów denudacji powierzchniowej na wysoczyźnie i wyższej terasie. S. Z. Różycki (1972a) i K. M. Krupiński (1978) wiążą powstanie wielkich stożków napływowych na Równinie Żyrardowskiej z tym okresem rozwoju rzeźby. Opisujący poziom stał się formą terasową dopiero w rezultacie wcięcia rzeki na niższy poziom. Odkrywało się to pod koniec okresu plejstoceniowego lub na początku holocenu (Dylik 1953, Balińska-Wuttke 1965). Na terasie tej założono powierzchnie badawcze nr 2 i 3.

Najniższy poziom terasowy wiąże się z akumulacją holoceniową, wzmoczoną aktywnością wód powierzchniowych, a następnie zmianą reżimu cieków (z roztokowego na meandrujący). Według S. Kozarskiego i K. Rotnickiego (1978) oraz L. Starkla (1983), zmiana reżimu rzek nastąpiła w eholocenie. Od tego okresu przeważa zatem akumulacja materiału fluwialnego nad procesami erozyjnymi. Niemniej jednak w mezoholocenie i neholocenie materiał fluwialny, z którego jest zbudowana terasa 1, był erodowany przez wezbrane wody. Na poziomie terasy holoceniowej założono powierzchnię modelową nr 1.

#### LITOLOGIA

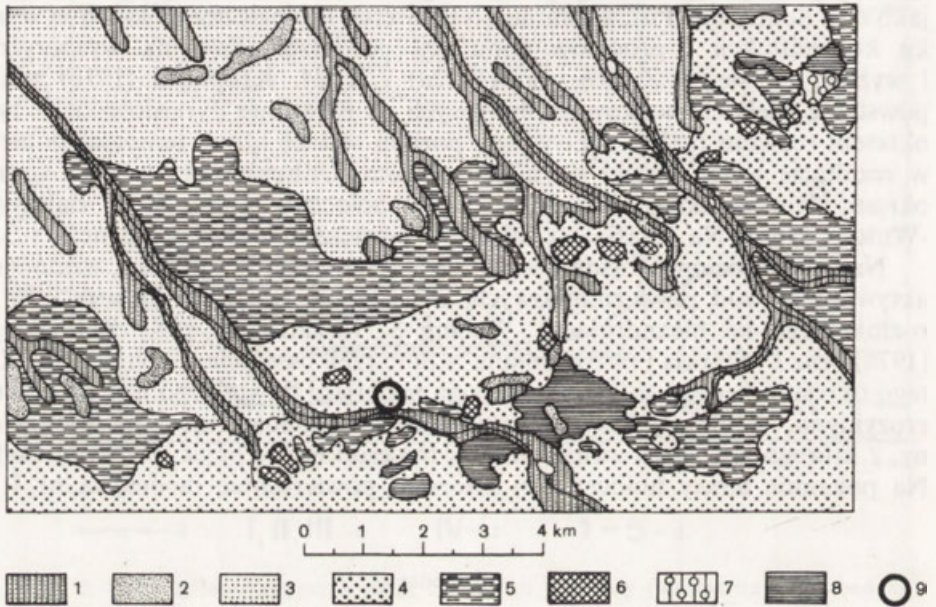
Zgodnie z rozwojem morfogenetycznym badanych obszarów, utworem litologicznym budującym tę część wysoczyzny są piaski glacyjfluwialne i fluwialne, pochodzące z redepozycji starszych utworów czwartorzędowych. Prawie zupełnie brakuje typowej dla obszarów wysoczyznowych pokrywy gliniastej. Wychodnie gliny zajmują jedynie niewielkie fragmenty obszaru w strefie kontaktowej, pomiędzy Wysoczyzną Rawską a Równiną Łowicko-Błońską.

Analiza danych geologicznych pochodzących z wierceń wykonanych w trakcie budowy Centralnej Magistrali Kolejowej oraz wykonanych przez autora dowodzi, że miąższość materiału glacyjfluwialnego w badanym obszarze wynosi około 12–15 m. Przykrywa on rozmyty w wyniku erozji wód deglacjacyjnych poziom gliniasty. Warstwa piasku jest niehomogeniczna. Charakteryzuje się wyraźnym warstwowaniem, a poszczególne laminy różnią się między sobą składem mechanicznym i barwą. Często przebieg ich jest zaburzony w następstwie procesów peryglacialnych zarówno erozyjnych, jak i akumulacyjnych.

Istotnym elementem litologii, z uwagi na kształtowanie się chemicznych właściwości współczesnych biogeocenozy, jest występowanie wychodni pstrych iłów w okolicach Hamerni i Radziejowic (na południe od powierzchni badawczych). Pod cienką powłoką warciańskiej gliny zwałowej, a miejscami

zupełnie na powierzchni występują silnie zaburzone, starsze serie sedymentacyjne podniesione do kilkudziesięciu metrów ponad normalny poziom ich występowania na pozostałej części Wysoczyzny Rawskiej. Według S. Z. Różyckiego (1969, 1972b) są to swego rodzaju moreny wyciśnięte, powstałe w czasie transgresji lodowca stadiału maksymalnego zlodowacenia środkowopolskiego, które następnie zostały ścięte i zrównane przez nasuwający się lądolód warciański.

Charakterystykę litologiczną badanego obszaru prezentuje szkic (ryc. 3).



Ryc. 3. Szkic litologiczny okolic Korytowa (wg Mizerii 1947)

1 – mady i piaski rzeczne, 2 – piaski wydmore, 3 – utwory stożków napływowych, 4 – piaski akumulacji lodowcowej, 5 – gliny zwalowe, 6 – utwory glaciofluwialne, 7 – utwory peryglacialne, 8 – ility pstre, 9 – obszar badań

Lithological sketch of Korytów environs (by Mizeria 1947)

1 – alluvial soil and fluvial sands, 2 – dune sands, 3 – alluvial cone deposits, 4 – glacial sands, 5 – boulder clay, 6 – glaciofluvial deposits, 7 – periglacial deposits, 8 – variegated clay, 9 – research area

#### WARUNKI WODNE

Badany obszar leży w dorzeczu Pisi Gągolinie – prawego dopływu Bzury, o długości 58,5 km (powierzchnia dorzecza 501,4 km<sup>2</sup>). Pisia nie jest typową rzeką niziną, ponieważ ma duży spadek (średni spadek 1,74<sup>0</sup>/<sub>100</sub>, na badanym odcinku 2,72<sup>0</sup>/<sub>100</sub>), wykształcony podczas odprowadzania wód deglacjacyjnych z Wysoczyzny Rawskiej do Basenu Błońskiego. Różnica wysokości pomiędzy położeniem źródła i ujścia wynosi 103 m.

Na podstawie bilansu wodnego zlewni Pisi Gągolinie (Skiba 1970) można stwierdzić, że jest to obszar o infiltracyjno-spływowym reżimie (wg klasyfikacji Celmera 1960), charakteryzujący się małą retencją wodną oraz podwyższoną (o ok. 30–40% w stosunku do innych zlewni o podobnej budowie litologicz-

nej) kondensacją pary wodnej (tab. 2)<sup>8</sup>. Lepsze warunki kondensacji pary wodnej w zlewni Pisi Gągoliny mogą wynikać z dużej lesistości obszaru i zdolności retencyjnych poziomu próchnicy nadkładowej. Woda kondensacyjna stanowi w ekosystemach leśnych cenne uzupełnienie efektywnego opadu atmosferycznego, szczególnie w okresach suchych, kiedy ze względu na

Tabela 2  
Bilans wodny dla zlewni Pisi Gągoliny (wg Skiby 1970–  
uzupełniony)

Elementy bilansu	Wartości (w mm)	Suma (w mm)
Średni opad atmosferyczny	607,0	
Kondensacja pary wodnej	36,5	643,5
Ewapotranspiracja i parowanie gruntowe	475,0	
Odływ powierzchniowy	55,0	
Odływ gruntowy	82,0	643,5
Retencja powierzchniowa	31,5	
Średnia infiltracja roczna	107,5	

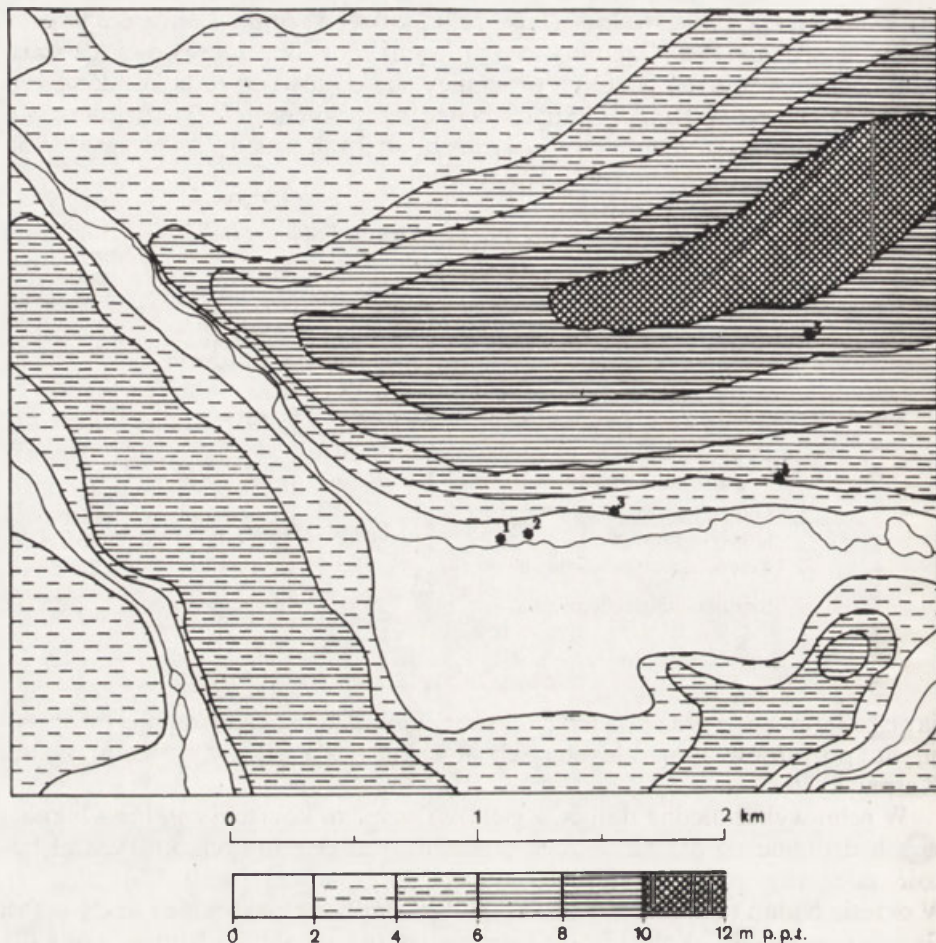
zjawiska intercepcji oraz powierzchniowej akumulacji i bezpośredniej ewaporacji, do poziomów mineralnych gleb dociera tylko 70–75% sumy opadu (Kasprzyk 1977).

W pełni wykształcona dolina, z głęboko wciętym korytem rzeki jest lokalną bazą hydrologiczną dla pierwszego poziomu wód gruntowych, których głębokość zalegania związana jest ze stanem (wysokością) wód Pisi (ryc. 4). W okresie badań (1980–1983) maksymalna amplituda wysokości wody w Pisi Gągolinie wynosiła około 120 cm (średnia roczna amplituda stanów wody dla wodowskazu w Hamernii wynosi 41,5 cm), co spowodowało określone wahania wody gruntowej (tab. 3).

Małe wahania poziomu wód gruntowych w siedliskach wyżej położonych są następstwem rodzaju zasilania hydrogeologicznego. Na powierzchniach tych stanowi go w dominującej części spływ wód podziemnych, których głębokość występowania związana jest z poziomem bazy hydrologicznej. Potwierdzeniem endogenicznego typu zasilania są bardzo małe amplitudy dekadowe (1–5 cm), jak również przesunięcie w czasie hydrofazy rocznej (najwyższe stany wody gruntowej wystąpiły w późnych miesiącach jesiennych)<sup>9</sup>. W biotopach położonych na niższych terasach, gdzie opady są dodatkowym elementem wpływającym na kształtowanie się wysokości pierwszego poziomu wody gruntowej, przesunięcie hydrofazy rocznej jest dużo

<sup>8</sup> W różnoziarnistych piaskach luźnych i słabogliniastych przeciętna suma kondensacji rocznej wynosi około 20–25 mm (Bac, Marcilonek 1955).

<sup>9</sup> W Polsce najwyższy stan pierwszego poziomu wody gruntowej, zasilanej wodami opadowymi i spływem wód podziemnych występuje na przełomie maja i czerwca (Bielecki 1968; Białkiewicz, Babiński 1981).



Ryc. 4. Rozkład hydroizobat  
Hydroisobaths distribution

Tabela 3

Wahania wody gruntowej w poszczególnych siedliskach (w latach 1980–1983)

Powierzchnia	Maksymalne wahania poziomu wód gruntowych (w cm)		Średnia głębokość zalegania pierwszego poziomu wód (w cm)
	zakres	średnia amplituda	
1	16–104	88	50,5
2	78–155	77	117,5
3	183–254	71	220,0
4		53 <sup>a</sup>	~ 650,0
5		31 <sup>a</sup>	~ 950,0

<sup>a</sup> Wartości oszacowane matematycznie.

krótsze, a wynika z oddziaływania lasu na gospodarkę wodną gleb. Najwyższe stany wody gruntowej wystąpiły wiosną (marzec, kwiecień).

Dla gleb wykształconych z różnoziarnistych piasków luźnych i słabogliniastych, czyli o składzie mechanicznym odpowiadającym badanym glebom, głębokość zalegania wody gruntowej, przy której poprzez podsiąk kapilarny ma ona wpływ na wilgotność gleby, wynosi: według A. Rodego (1956) – około 200–240 cm, a według S. Borowca (1958) – około 220–280 cm. Głębokie położenie pierwszego poziomu wodonośnego na wyżej usytuowanych powierzchniach modelowych (4, 5) wyklucza możliwość podsiąku i udziału wód gruntowych w gospodarce wodnej gleb.

Właściwości materiału litologicznego (przepuszczalność) oraz zakres zmian wysokości zwierciadła wody gruntowej będący następstwem rodzaju zasilania hydrologicznego są głównymi elementami kształtującymi typ krążenia wody w glebie (gospodarki wodnej gleb). W analizowanych glebach stwierdzono występowanie periperkolatywnego typu krążenia wody glebowej (powierzchnia 1) i endoperkolatywnego (powierzchnia 2, 3, 4, 5). Typy krążenia wody w poszczególnych siedliskach przedstawiono w tabeli 4.

Tabela 4

Typy gospodarki wodnej gleb w badanych siedliskach

Powierzchnia	Typ gospodarki wodnej gleb	
	wg Pallmana (1948)	wg klasyfikacji PTG <sup>a</sup>
1	periperkolatywny	przemysłowo-podsiąkowy
2	endoperkolatywny	podsiąkowo-przemysłowy
3	endoperkolatywny	przemysłowy (okresowo podsiąkowy)
4	endoperkolatywny	przemysłowy (okresowo zastoiskowy)
5	endoperkolatywny	przemysłowy

<sup>a</sup> Za Z. Prusinkiewiczem (1975).

Warunki wodne panujące na badanym obszarze, według skali ocen wilgotności siedlisk K. Mąkosy (1977) można zaklasyfikować do grup od 3 do 7, charakterystycznych dla siedlisk wilgotnych, świeżych i półsuchych, a według ekologicznej systematyki gleb leśnych (Prusinkiewicz 1975) – do klas gleb półsuchych, świeżych i wilgotnych (w przypadku gleb o endoperkolatywnym typie gospodarki wodnej) oraz mokrych (w przypadku gleby o periperkolatywnym typie gospodarki wodnej).

## KLIMAT

Z elementów klimatu główny wpływ na przebieg procesów glebowych wywierają opady atmosferyczne i temperatura powietrza (Kuźniar 1960), dlatego też w niniejszym rozdziale zwrócono szczególną uwagę na te dwie charakterystyki.

Obszar, na którym prowadzono obserwacje ekologiczne, położony jest w strefie przejściowej pomiędzy trzema regionami klimatycznymi (wg regionalizacji klimatycznej Polski – Wiszniewski, Chełchowski 1975), a mianowicie: wielkopolsko-mazowieckim, mazowiecko-podlaskim, łódzko-wieluńskim. Wiele cech charakterystycznych dla każdego z tych regionów występuje na badanym obszarze, a ich przebieg zgodny jest z kierunkami zmienności elementów klimatycznych w Polsce. Następuje tu wyraźny wzrost opadów w kierunku południowo-zachodnim, zgodnie z orografią terenu. Według P. Skiby (1970), średnia roczna różnica w sumie opadów pomiędzy Żyrardowem i Mszczonowem wynosi 16 mm, a Żyrardowem i Doleckiem – 45 mm.

W bioklimatycznym podziale kraju według skali Conrada – odczuwalności ciepła, leży on w regionie cieplejszym (Gregorczyk 1968). Średnia roczna temperatura powietrza w latach 1953–1983 dla stacji w Chylicach wyniosła 8,0°C. Podobnie do warunków termicznych, badany obszar charakteryzuje się korzystnymi warunkami wodnymi. Roczne sumy opadów wynoszą średnio 607 mm.

Obliczone dla wielolecia (1953–1983) wartości wskaźnika wilgotności klimatu Iwanowa (1, 22) klasyfikują klimat badanego obszaru jako dostatecznie wilgotny w strefie lasów nemoralnych. Podobne wyniki uzyskano obliczając higrotermiczny wskaźnik Sielaninowa (1,51) i kompleksowy wskaźnik bioklimatyczny Chomicza (1,9), który charakteryzuje warunki pogodowe w okresie wegetacyjnym (IV–X), czyli najistotniejszym czasie z punktu widzenia ekologicznego<sup>10</sup>. Na korzystny dla rozwoju roślin przebieg zjawisk higrotermicznych wskazuje również przebieg średnich miesięcznych temperatur i rocznych sum opadów na diagramie klimatycznym Waltera wykonanego dla lat 1953–1983. Uzyskany układ krzywych (temperatury i opadów) jest typowy dla klimatu humidowego – Walter, Lieth 1960 (ryc. 5a).

Dla pełniejszej charakterystyki klimatycznej regionu należy podać (za Chomiczem 1977)<sup>11</sup> średnie roczne usłonecznienie (1651 h/rok) średnią roczną wilgotność względną (79%), średnią roczną prędkość wiatru (3,4 m/s) oraz największy udział zachodnich (77 dni) i południowo-zachodnich (49 dni) kierunków wiatrów w ciągu roku.

Wartości średnie z wielolecia dają jednak tylko ogólną charakterystykę klimatu badanego terenu. W rozpatrywaniu klimatu jako elementu siedliskotwórczego ważny jest także rozkład zjawisk meteorologicznych w ciągu roku oraz na przestrzeni wielu lat.

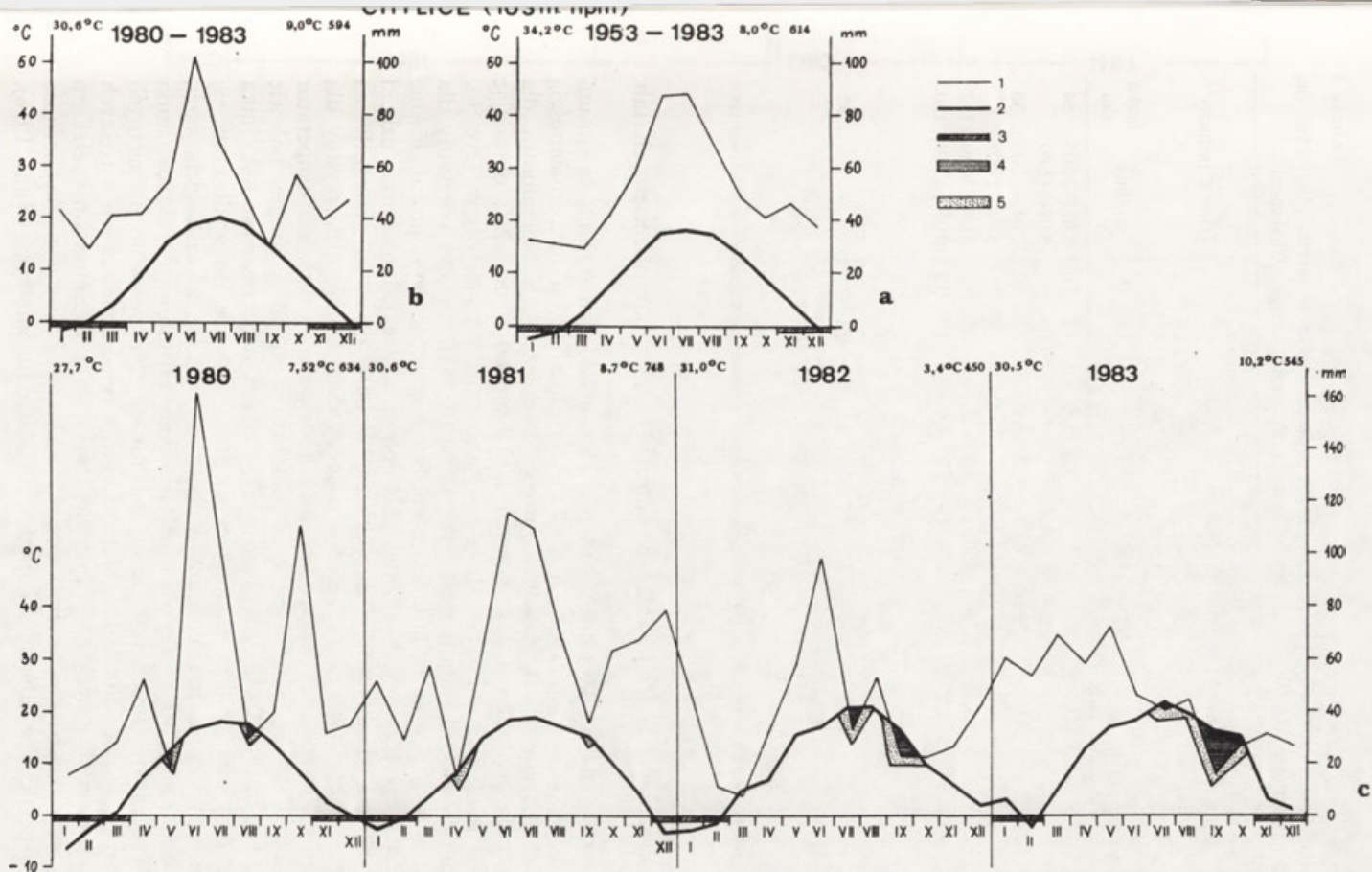
Okres czterech lat (1980–1983), w których prowadzono badania dynamiki hydrotroficznych właściwości gleb, charakteryzował się mniejszą od wartości średnich z wielolecia – roczną sumą opadów (594 mm) i wyższą średnią roczną temperaturą powietrza (9°C), czyli klimatem suchszym. Warunki higrotermiczne wyrażone układem krzywych na diagramie klimatycznym Waltera nie odbiegały od typowych dla klimatu humidowego (ryc. 5b), ale

---

<sup>10</sup> Najbardziej optymalne warunki klimatyczne do wegetacji roślin w Polsce występują, gdy wartość wskaźnika Chomicza równa się jedności. Wartość wskaźnika powyżej jedności charakteryzuje klimat chłodniejszy.

<sup>11</sup> Dane ze stacji meteorologicznych w Brwinowie i Skierniewicach.





Ryc. 5. Diagramy klimatyczne Waltera

a – dla wielolecia 1953–1983, b – dla okresu badań 1980–1983, c – w poszczególnych latach okresu badań.

1 – krzywa rozkładu miesięcznych sum opadów, 2 – krzywa rozkładu średnich miesięcznych temperatur, 3 – miesiące ze średnią dobową temperaturą powietrza  $< 0^{\circ}\text{C}$ , 4 – okresy suszy, 5 – okresy posuchy

Climatic diagrams according to Walter

a – for many years' period 1953–1983, b – for the research period 1980–1983, c – in particular years of the research period.

1 – distribution curve for the monthly sum of precipitation, 2 – distribution curve for the mean monthly temperature, 3 – months with mean daily temperature below  $0^{\circ}\text{C}$ , 4 – arid periods, 5 – semi-arid periods

Charakterystyka stosunków higrotermicznych dla obszaru badań w latach 1980–1983 (na podstawie danych klimatycznych ze stacji meteorologicznej w Chylicach)

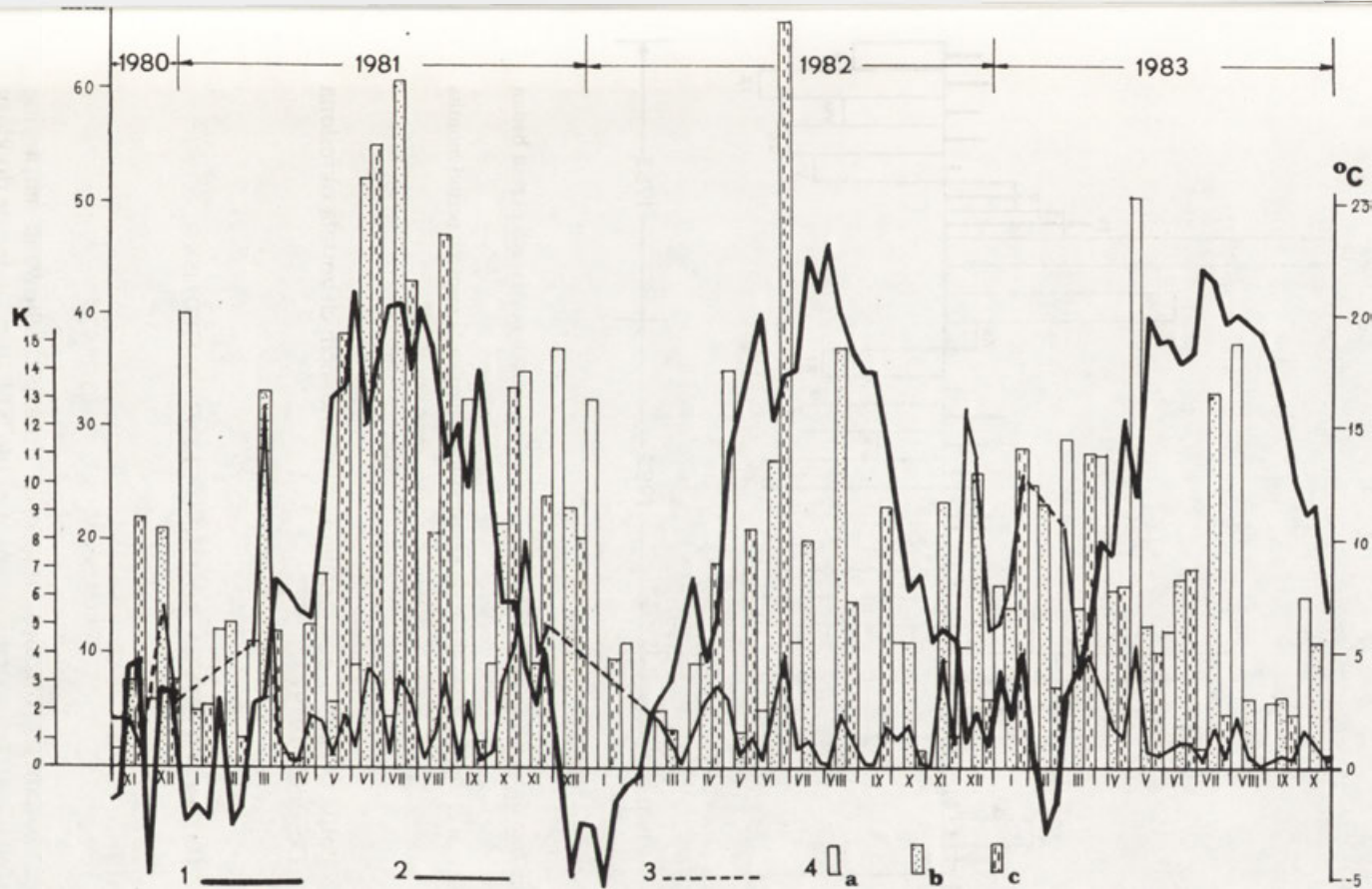
Data	Odchylenie od średniej wieloletniej w %		Wartość wskaźnika Sielaninowa w okresie wegetacyjnym w miesiącach										Okresy posuchy <sup>a</sup>	
	sum opadów	śr. temperatur	średnia	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	terminy	liczba dni		
1980	+ 4,5	– 6,3	1,88	2,3	0,6	3,2	1,8	0,5	1,0	3,9	8 05–20 05 5 08–15 09	54		
1981	+23,2	+ 8,8	1,58	0,7	1,3	2,1	1,8	1,3	0,8	2,2	12 04– 1 05 9 09–17 09	30		
1982	–25,9	+17,5	1,14	1,9	1,3	1,8	0,5	0,8	0,5	0,8	5 07–24 10	112		
1983	–10,2	+27,5	0,99	1,7	1,4	0,8	0,6	0,7	0,3	0,8	10 06–17 10	130		
wartości średnie														
1980	–2,1	+11,9	1,40	1,7	1,2	2,0	1,2	0,8	0,7	2,0	–	82		
1983														
1953	–	–	1,51	1,8	1,4	1,7	1,6	1,3	1,2	1,5	–	–		
1983														

<sup>a</sup> Długość okresu ze zjawiskami posuchy obliczono matematycznie na podstawie metody Sielaninowa (za Molgą 1980).

w poszczególnych latach przebieg ich odbiegał od warunków przeciętnych (tab. 5).

Przeprowadzona dla okresu badań analiza dekadowej zmienności stosunków higrotermicznych wykazała, że charakteryzował się on dużą zmiennością stanów pogodowych. Obliczone wartości współczynnika Sielaninowa dla poszczególnych okresów 10-dniowych wahał się od 0 do 12,8, określając warunki pogodowe od stanu suszy do stanów nadmiernej wilgoci (ryc. 6).

Rozkład zjawisk higrotermicznych w ciągu roku nie był korzystny dla prawidłowego rozwoju roślinności. Niedobór wilgotności występował głównie w okresie wegetacyjnym. Wskaźniki Sielaninowa poniżej jedności oraz rozkład krzywych na klimatycznych diagramach Waltera (ryc. 5c), wskazały na występowanie w tym czasie zjawisk posuchy. Szczególnie niekorzystny dla rozwoju roślin spadek sum opadów przy jednoczesnym wzroście temperatur w stosunku do średnich wartości z wielolecia wystąpił w drugiej połowie okresu badań (ryc. 7). Zjawiska posuchy, a nawet suszy (wartość wskaźnika Sielaninowa poniżej 0,5), miały niekorzystną tendencję do wydłużania się w czasie. Wywarło to określony wpływ na przebieg zjawisk glebowych, a zarazem umożliwiło autorowi przesledzenie kształtowania się dynamiki właściwości hydrotroficznycch gleb w warunkach zbliżonych do przeciętnych i „stresowych” dla siedlisk. Poznanie przebiegu zjawisk glebowych w różnych warunkach klimatycznych, nie było celem, choć stało się niezamierzonym efektem pracy, niemniej bardzo interesującym i ważnym, z uwagi na cykliczność zjawisk posuchy w klimacie humidowym i semihumidowym (Rode 1978).

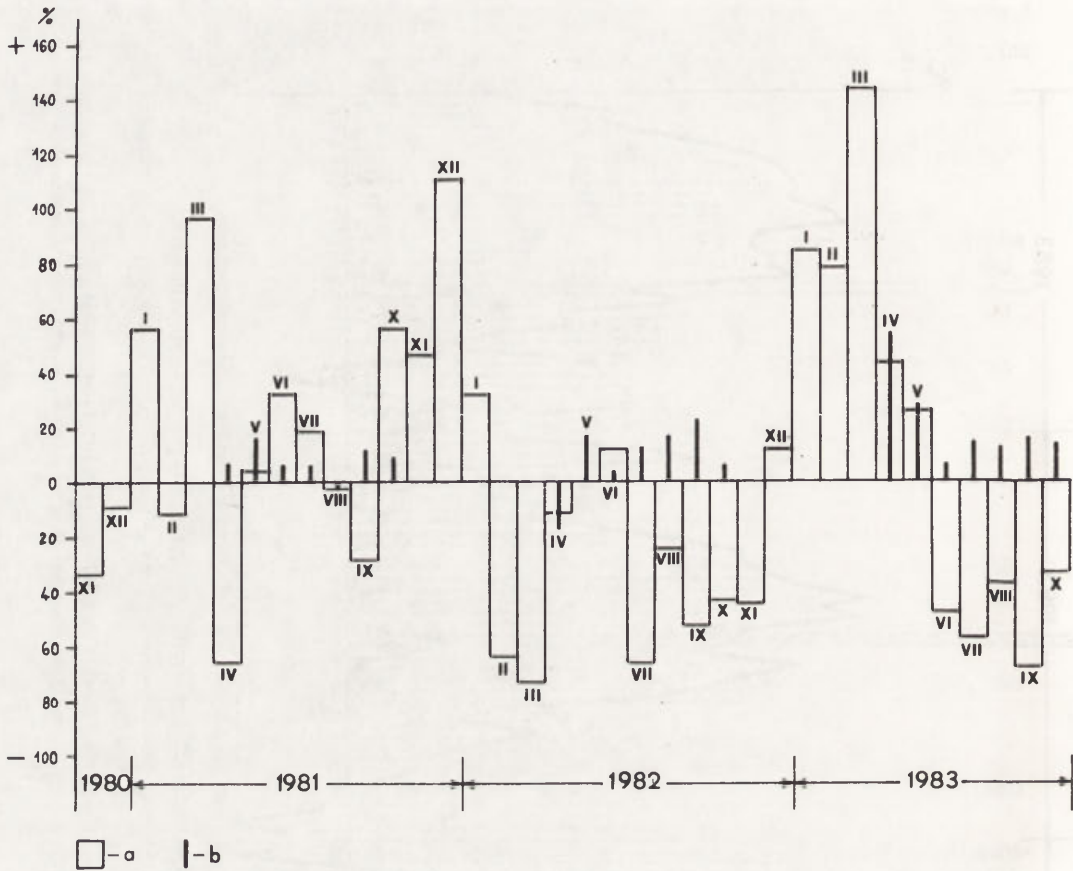


Ryc. 6. Dekadowy rozkład sum opadów, średnich temperatur powietrza i wskaźników Sielaninowa

1 - krzywa temperatur, 2 - krzywa rozkładu wartości wskaźników Sielaninowa, 3 - odcinki z nieokreśloną wartością wskaźnika, 4 - dekadowe sumy opadów w poszczególnych dekadach: a - 1, b - 2, c - 3

Decade distribution of the sum of precipitation, mean temperature and Sielaninov indexes

1 - temperature curve, 2 - distribution curve for the Sielaninov index value, 3 - segment of undetermined of Sielaninov index value, 4 - decade sum of precipitation in particular decade: a - 1, b - 2, c - 3



Ryc. 7. Dyspersja sum opadów i średnich temperatur w poszczególnych miesiącach okresu badań  
a – sumy opadów, b – średnie temperatury

Dispersion of the sum of precipitation and mean temperature in particular research period months  
a – sum of precipitation, b – mean temperature

W warunkach Polski cykliczna powtarzalność okresów suchych została określona przez autora (Degórski 1979).

## CHARAKTERYSTYKA ROŚLINNO-GLEBOWA SIEDLISK

### ROŚLINNOŚĆ

Roślinność badanego obszaru stanowią dobrze zachowane naturalne fragmenty lasów liściastych z drzewostanem około 90-letnim, należące do klasy *Querc-Fagetea* Br-Bll et Vlieg 1937. W jej obrębie wydzielić można trzy

Tabela 6

Systematyka fitosocjologiczna badanych zbiorowisk roślinnych (wg Matuszkiewicza 1981)

Klasa	<i>Quercio-Fagetea</i> Br-Bill et Vlieg 1937	
Rząd	<i>Quercetalia pubescentis</i> Br-Bill 1937	<i>Fagetalia silvaticae</i> Pawl. 1928
Związek	<i>Quercion petraeo-pubescentis</i> , Jacucs 1961	<i>Carpinion betuli</i> , Oberd 1953 <i>Alno-Padion</i> , Knapp 1942
Zespół	<i>Potentillo-albae Quercetum</i> , Libb 1933  światlista dąbrowa	<i>Quercio-Carpinetum</i> Tx 1936 ( <i>Tilio-Carpinetum</i> , Tracz 1966) grąd  <i>Circaeo-Alnetum</i> , Oberd 1953  łęg jesionowo- -olszowy

jednostki w randze zespołu, a mianowicie: *Circaeo-Alnetum*, *Tilio-Carpinetum* (odmiany środkowopolskiej) i *Potentillo-Quercetum*, których miejsce w systematyce zbiorowisk roślinnych przedstawiono w tabeli 6. Zbiorowiska łągu (zdz. 1) i świetlistej dąbrowy (zdz. 5) wykazują dużą ekologiczną jednorodność, w przeciwieństwie do zespołu *Tilio-Carpinetum* (zdz. 2–4), który na badanym obszarze charakteryzuje się dużym zróżnicowaniem strukturalno-fizjonomicznym i wyraźną amplitudą ekologiczną. Różnice w składzie gatunkowym i zwarcu warstw były podstawą do wyróżnienia trzech jednostek syntaksonomicznych niższego rzędu: *Tilio-Carpinetum corydaletosum* (zdz. 2), *Tilio-Carpinetum typicum* (zdz. 3) i *Tilio-Carpinetum calamagrostietosum* (zdz. 4).

Przyjęty podział fitosocjologiczny jest w pełni uzasadniony kombinacją grup gatunków wyróżniających, charakterystycznych dla określonych jednostek systematyki fitosocjologicznej (tab. 7).

Wszystkie z badanych zbiorowisk leśnych wykazują ścisły związek z przestrzenną zmiennością morfologicznych właściwości środowiska (Degórski 1985). Roślinność łągu jesionowo-olszowego pokrywa terasę holoceniową, grądy występują na dwu terasach glacialnych, światlista dąbrowa zaś na formach akumulacji glacialnej i obszarze wysoczyzny, charakteryzujących się najsilniejszym usłonecznieniem (ryc. 8). W miejscu gdzie usytuowano piątą powierzchnię modelową światlista dąbrowa nie w pełni różni się jeszcze od wysokiej grądy (*Tilio-Carpinetum calamagrostietosum*). Brakuje wielu gatunków charakterystycznych dla tego zbiorowiska, w tym charakterystycznych dla zespołu *Potentillo-albae Quercetum*, jak: *Potentilla alba*, *Pulmonaria angustifolia*, *Ranunculus polyanthemus*. W pełni wykształcone zbiorowisko *Potentillo-albae Quercetum* występuje wyżej, w górnej części obszaru krawędziowego wysoczyzny, ale już poza terenem bezpośrednich badań autora. Niemniej istnieją podstawy florystyczne do wyróżnienia oddzielnej jednostki taksonomicznej w randze zespołu światlistej dąbrowy (tab. 7).

Fitosocjologiczne zróżnicowanie badanych zbiorowisk

Nr kolejny zdjęcia		1	2	3	4	5
1	1	2	3	4	5	6
Zwarcie warstwy drzew w %		80	90	90	80	80
Zwarcie warstwy krzewów w %		10	+	+	50	+
Zwarcie warstwy ziół w %		90	90	90	60	70
Zwarcie warstwy mszaków w %		10	-	-	+	+
Powierzchnia zdjęcia w m <sup>2</sup>		200	300	400	200	300
Liczba gatunków		25	38	22	31	30
Wskaźnik wilgotności		3,95	3,47	3,14	2,92	2,81
Wskaźnik żyzności		4,10	3,90	3,69	3,19	3,30
Wskaźnik odczynu gleby		4,26	4,00	3,70	3,38	3,50
<i>Alnus glutinosa</i>	a	5.5				
<i>Carpinus betulus</i>	a		3.3	4.4	4.3	2.2
-	b		+	+	3.3	1.1
-	c		+	1.1	+	+
<i>Quercus robur</i>	a		3.2	2.1	1.2	1.1
<i>Tilia cordata</i>	b/c		+ /	+ / +	+ / +	+ /
<i>Acer platanoides</i>	c		+	+		+
<i>Populus tremula</i>	a			+		+
<i>Quercus petraea</i>	a				1.2	3.3
<i>Pinus sylvestris</i>	a				+	+ .2
<i>Betula pendula</i>	a/c					+ / +
<i>Urtica dioica</i>		3.3				
<i>Stellaria nemorum</i>		2.3				
<i>Geum rivale</i>		2.2				
<i>Chrysosplenium alternifolium</i>		1.2				
<i>Festuca gigantea</i>		1.2				
<i>Lamium maculatum</i>		1.2				
<i>Eurhynchium swartzii</i>		1.2				
<i>Mnium undalutum</i>		1.2				
<i>Brachypodium sylvaticum</i>		+ .2				
<i>Cirsium oleraceum</i>		+ .2				
<i>Eupatorium cannabinum</i>		+ .2				
<i>Uerhynchium zetterstedtii</i>		+ .2				
<i>Galium palustre</i>		+ .2				
<i>Poa trivialis</i>		+ .2				
<i>Ranunculus repens</i>		+ .2				
<i>Carex sp.</i>		+ .2				
<i>Geranium robertianum</i>		+				
<i>Solanum dulcamara</i>		+ / +				
<i>Glechoma hederacea</i>		2.3	1.2			
<i>Euonymus europaea</i>	b/c	+ / +	+ /			
<i>Prunus padus</i>	b/c	1.2 / +	+ /			
<i>Filipendula ulmaria</i>		+ .2	+			
<i>Aegopodium podagraria</i>		2.2	1.2	1.2		+
<i>Alliaria petiolata</i>		+ .2	+	+		

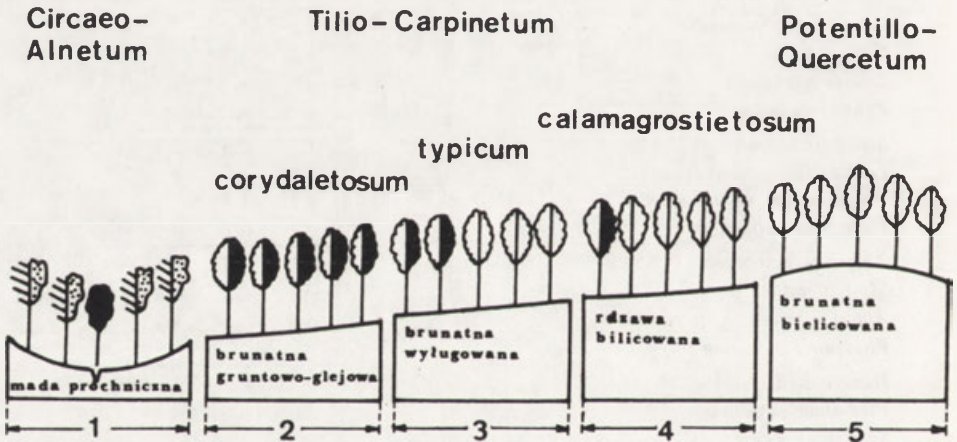
Tabela 7 (cd.)

	1	2	3	4	5	6
<i>Anemone ranunculoides</i>			1.1			
<i>Corydalis solida</i>			1.2			
<i>Ranunculus ficaria</i>			1.2			
<i>Milium effusum</i>			1.2			
<i>Adoxa moschatellina</i>			+			
<i>Gagea lutea</i>			+			
<i>Gagea minima</i>			+			
<i>Geum urbanum</i>			+			
<i>Isopyrum thalictroides</i>			+			
<i>Lathyrus vernus</i>			+			
<i>Ranunculus cassubicus</i>			+			
<i>Ribes spicatum</i>	b		+			
<i>Viburnum opulus</i>	c		+			
<i>Viola mirabilis</i>			+			
<i>Asarum europaeum</i>			1.2	1.2		
<i>Carex pilosa</i>			1.2	1.2		
<i>Lilium martagon</i>			+	+		
<i>Prunus avium</i>	c		+	+		
<i>Stellaria holostea</i>			1.2	2.3	2.3	
<i>Lamiaeum galeobdolon</i>			1.2	2.2	1.2	
<i>Polygonatum multiflorum</i>			1.2	1.1	1.2	
<i>Viola reichenbachiana</i>			+2	+2	+2	
<i>Anemone nemorosa</i>			3.3	3.3	2.3	3.2
<i>Melica nutans</i>			+2	+2	+2	+2
<i>Ajuga reptans</i>			+		+	+
<i>Phyteuma spicatum</i>			+			+
<i>Hedera helix</i>				+2		
<i>Pteridium aquilinum</i>				+		
<i>Sambucus nigra</i>	b			+		
<i>Corylus avellana</i>	b			+	2.3	1.1
<i>Corylus avellane</i>	c			+	+	
<i>Hepatica nobilis</i>				+2		+2
<i>Melampyrum nemorosum</i>					+2	
<i>Festuca ovina</i>					+2	
<i>Vaccinium myrtillus</i>					+2	
<i>Fragaria vesca</i>					+	
<i>Hieracium lachenalii</i>					+	
<i>Hieracium umbellatum</i>					+	
<i>Solidago virgaurea</i>					+	
<i>Trientalis europaea</i>					r	
<i>Maianthemum bifolium</i>			+		2.2	2.3
<i>Poa nemoralis</i>					1.2	1.2
<i>Galium schultesii</i>					+2	1.2
<i>Carex digitata</i>					+2	+2
<i>Luzula pilosa</i>					+2	+2
<i>Polytrichum formosum</i>					+3	+2
<i>Hieracium sylvaticum</i>					+2	+

Tabela 7 (cd.)

	1	1	2	3	4	5	6
<i>Euonymus verrucosa</i>		c				+	+
<i>Sorbus aucuparia</i>		b/c				+ / +	/ +
<i>Veronica chamaedrys</i>						+	+
<i>Convallaria majalis</i>				+	+ .2		2.3
<i>Polygonatum odoratum</i>							1.1
<i>Calamagrostis arundinacea</i>							+ .2
<i>Dicranella heteromalla</i>							+ .3
<i>Cephalanthera damasonium</i>							+

Objaśnienia: 1 – *Circaeo-Alnetum* Oberd. 1955; 2-4 – *Tilio-Carpinetum* Traczyk 1962; 2 – T-C. *corydaletosum*; 3 – T-C. *typicum*; 4 – T-C. *calamagrostietosum*; 5 – *Potentillo albae-Quercetum* Libbert 1933.



Ryc. 8. Rozkład przestrzenny zbiorowisk roślinnych i genetycznych typów gleb w badanej toposekwencji

Spatial variability of plant associations and genetic types of soils in investigated toposequence

1 – humus alluvial, 2 – brown gley, 3 – bleached brown, 4 – rust-coloured podsol, 5 – brown podsol

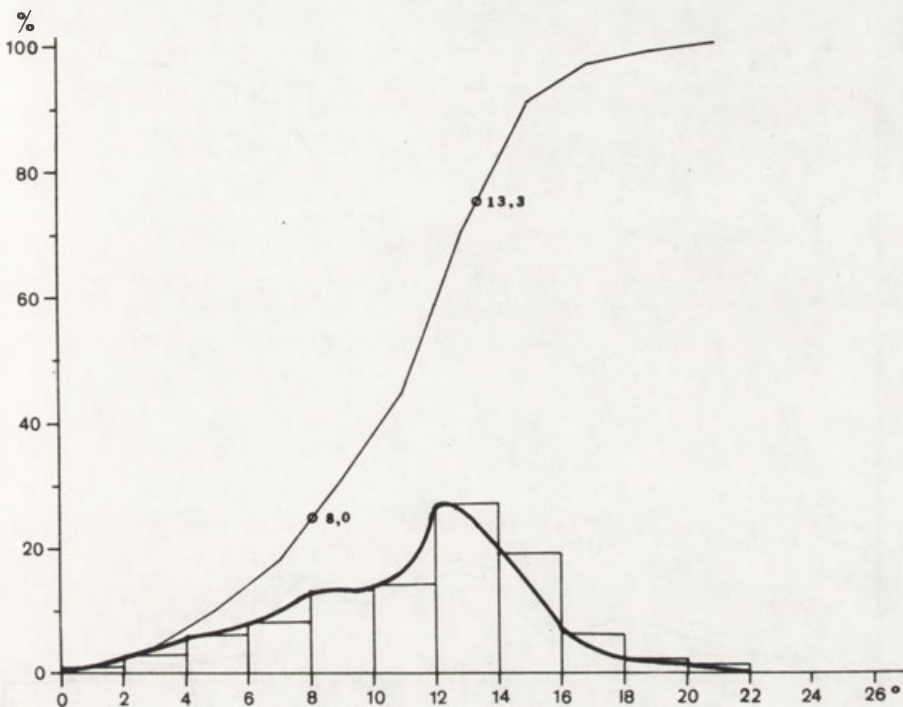
#### GLEBY

### Właściwości litologiczno-petrograficzne substratu glebowego

#### Charakterystyka graniformametryczna

Analiza graniformametryczna glebowej części profili geologicznych potwierdziła fluwialny charakter sedymentacji wszystkich badanych próbek. Wskazuje na to typ histogramów z charakterystyczną kulminacją w klasach kątowych



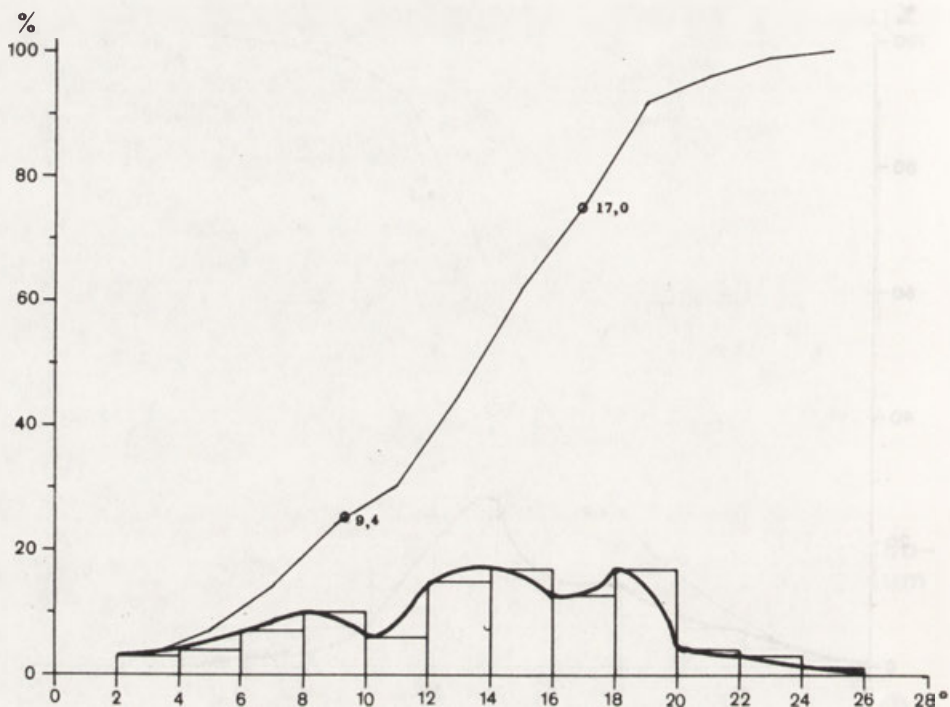


Ryc. 9. Histogram obróbki ziarna dla osadu fluwialnego (profil 3, głębokość 120 cm)  
Histogram of quartz grain abrasion for fluvial sediment (profile 3, depth 120 cm)

12–14° i 14–16°, czyli ziarn półgraniastych (ryc. 9). Dotyczy to przede wszystkim profili 3, 4, 5. Histogramy prób z profili 1 i 2 wskazują również na silniejszą eolizację materiału środowiska rzecznoego (ryc. 10).

Wskaźniki obróbki ( $W_o$ ) obliczone dla wszystkich próbek glebowych zawierają się w przedziale wartości od 980 do 1260, czyli są charakterystyczne dla ziarn piasku ze słabymi śladami obróbki, o sylwetce „dojrzewającej”, stępienych krawędziach i narożach. Wartości wskaźnika w poszczególnych profilach są zbliżone do siebie, oprócz profilu 2, w którym dwie próbki (z głębokości 70 i 80 cm) posiadają ziarna bardziej graniaste (ryc. 11).

Charakterystyczny dla poszczególnych próbek jest również wskaźnik niejednorodności materiału ( $N_m$ ). Duże skupienie punktów w układzie prostokątnym  $N_m$  i  $W_o$  dowodzi podobieństwa sedymentacyjnego w poszczególnych profilach, poza profilem 3 (ryc. 12). W profilu tym występuje specyficzna dwudzielność. Genetyczne poziomy glebowe, poczynając od 40 cm w głąb profilu, różnią się wyraźnie od poziomów wykształconych w piaskach przykrywających je. Wynik ten wskazuje na fakt, jakoby starszy profil glebowy został przykryty młodszym materiałem o znacznie mniejszej jednorodności pod względem obróbki ziarn kwarcowych, charakteryzującym się zróżnicowaną sekwencją sedymentacyjną. Wartość wskaźnika  $N_m$  dla dolnej części profilu wynosi od 2,7 do 3,5, a dla górnej części profilu od 5,3 do 8,5 (tab. 8). Górna część profilu zawiera więcej cech eolizacji materiału budującego poszczególne



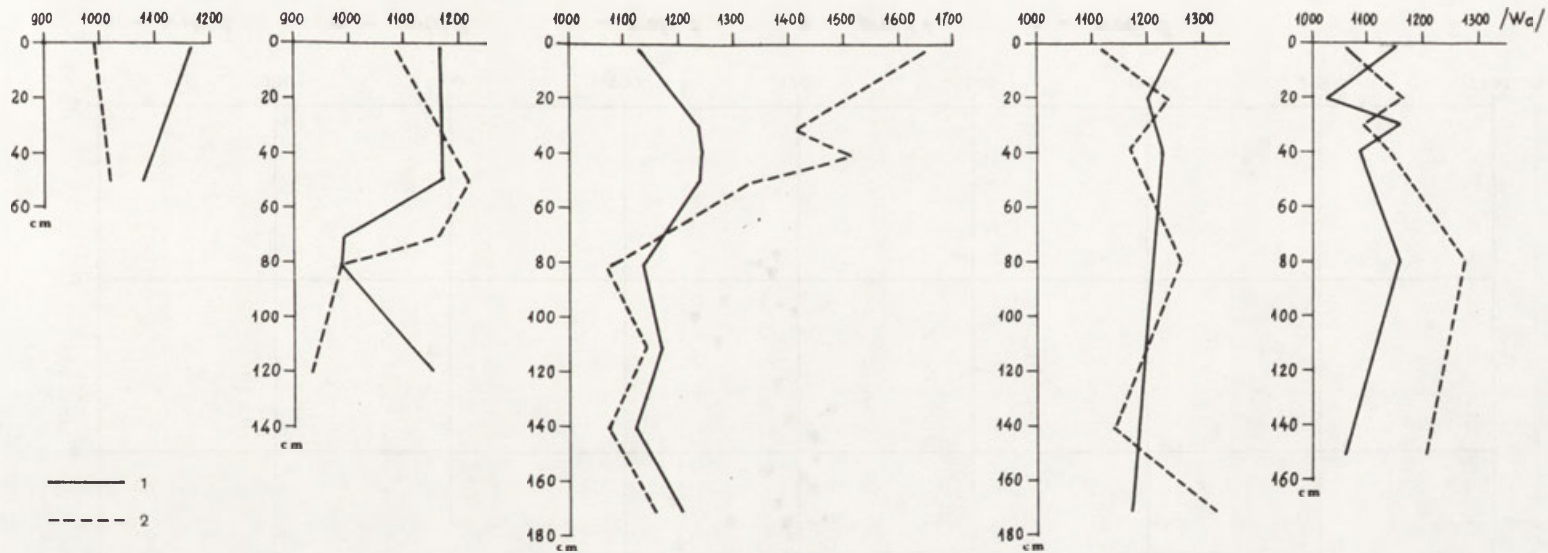
Ryc. 10. Histogram obróbki ziarna dla osadu fluwialno-eolicznego (profil 3, głębokość 1 cm)  
Histogram of quartz grain abrasion for fluvio-eolian sediment (profile 3, depth 1 cm)

poziomy genetyczne, na co wskazuje kształt krzywych na histogramach (ryc. 10).

Wszystkie określone prawidłowości litologiczne potwierdza również analiza pozycji obróbki ziarn przedstawiona w układzie trójkąta Ossana (ryc. 13). Najbardziej niejednorodny materiał pod względem obróbki występuje w profilach 1 i 2, w pozostałych tylko w części powierzchniowej. W próbkach tych występuje stosunkowo najwięcej ziarn graniastych ( $\alpha$ ) od 20 do 38%, świadczących o dużej ilości materiału nieobtoczonego. Klasyfikacja typów histogramów opracowana przez K. Krygowską i B. Krygowskiego (1968) na podstawach geomorfologicznych nie uwzględnia jednak wpływu procesów glebotwórczych na kształt ziarn kwarcowych, dlatego trudno jest jednoznacznie ocenić, które cechy są następstwem procesów rzeźbotwórczych, a jakie pedogenicznych. Szczególnie trudne jest to w tzw. „młodych glebach” (Rotnicki 1970). Chcąc uzyskać jednoznaczną odpowiedź, jaki jest udział procesów glebotwórczych w obecnym kształcie ziarn kwarcu, należałoby wykonać badania z wykorzystaniem elektronicznego mikroskopu skaningowego (Brogowski, Kowalkowski 1981; Brogowski, Kocoń 1984).

#### Charakterystyka granulometryczna

Różnice, które zaznaczają się w składzie granulometrycznym poszczególnych substratów glebowych, wynikają z właściwości litologicznych podłoża,



Ryc. 11. Rozkład wartości wskaźnika niejednorodności ( $N_m$ ) i wskaźnika obróbki ( $W_0$ ) w poszczególnych profilach

1 -  $W_0$ , 2 -  $N_m$

Distribution of the non-homogeneous index values ( $N_m$ ) and quartz grain abrasion index ( $W_0$ ) in various profiles

1 -  $W_0$ , 2 -  $N_m$

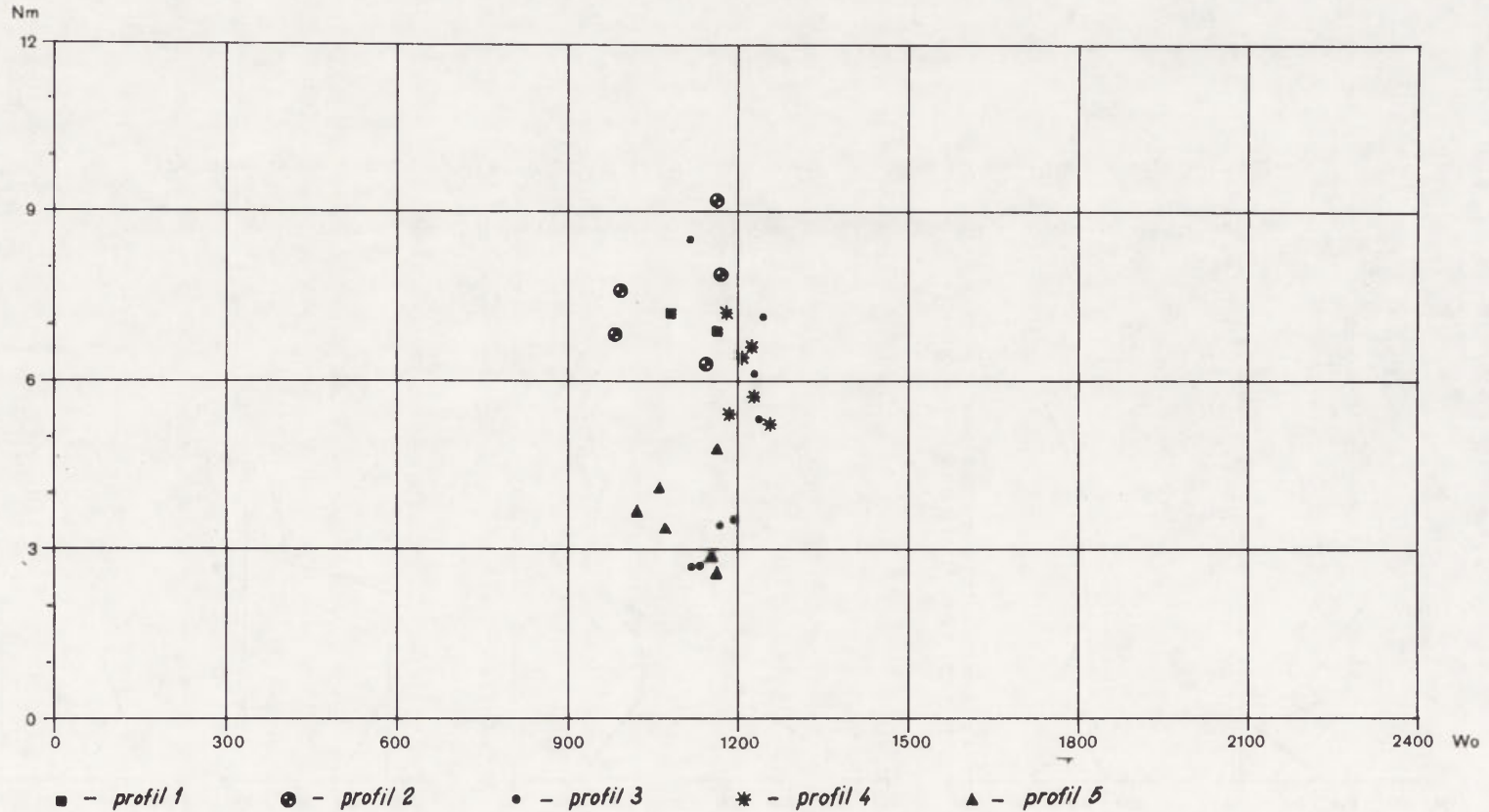
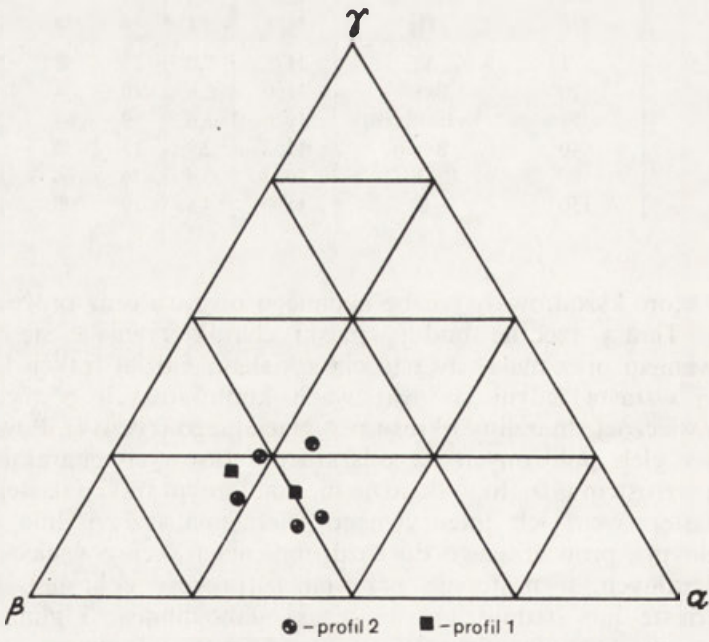
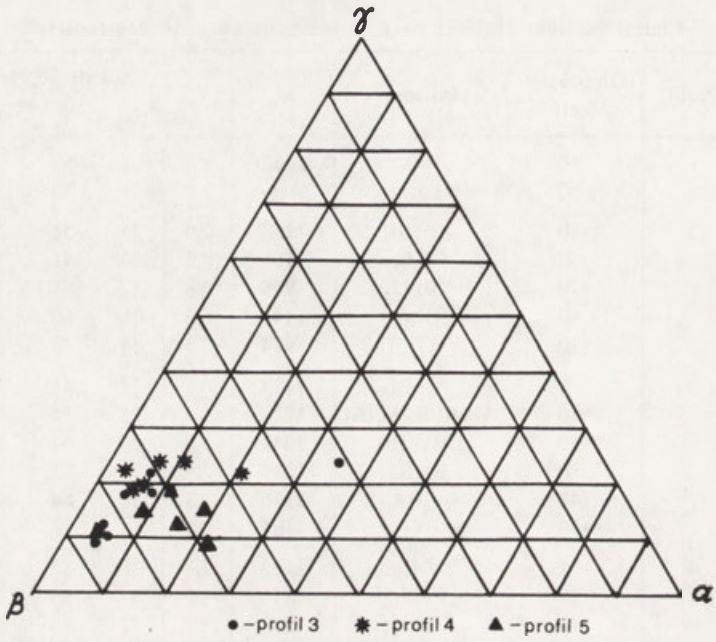


Tabela 8

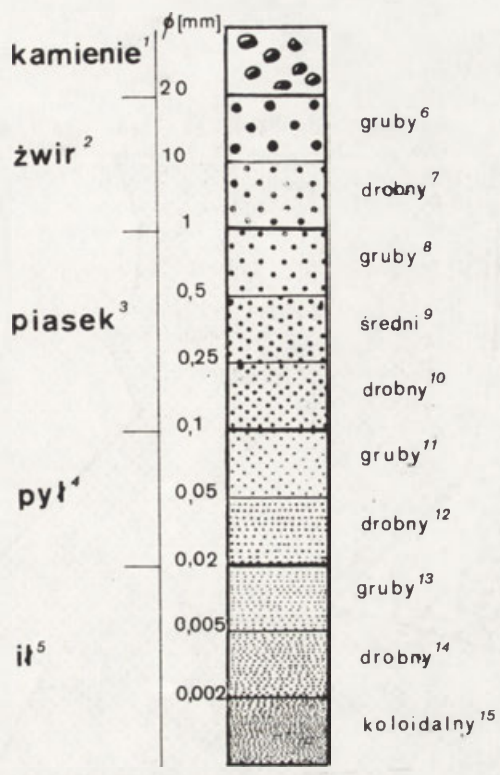
Charakterystyki obróbki ziarn poszczególnych próbek glebowych

Profil	Głębokość (cm)	Poziom	W <sub>o</sub>	N <sub>m</sub>	zawartość (%)		
					γ	β	α
1	10	AG	1162	6,9	21	59	20
	50	Gor	1080	7,2	19	50	31
2	10	Ah(B)	1168	7,9	25	51	24
	50	Bv(B)	1166	9,2	27	41	32
	70	Bv(B)/Gor	996	6,8	12	51	37
	80	Gor	1144	6,3	16	60	24
	120	Gr	994	7,6	14	48	38
3	1	Ah(B)	1124	8,5	23	41	36
	40	Ah(B)/BvAk(B)	1228	7,6	21	72	7
	50	BvAk(B)	1240	5,3	26	64	10
	80	Bv(B)	1236	3,5	18	73	9
	140	Bv(B)C	1126	2,7	10	84	6
	170	CG	1164	3,4	19	78	4
4	1	AE	1122	2,7	18	87	4
	20	BvBh	1196	3,5	12	83	5
	40	Bv	1252	5,2	22	75	3
	55	Bv/BvC	1206	6,4	23	69	8
	80	BvC	1224	5,7	18	77	5
	140	BvCcon	1220	6,6	24	65	11
5	170	Dg	1188	5,4	19	74	7
	1	AE	1178	7,2	21	58	21
	20	BvBh	1160	2,6	10	84	6
	27	BvBh/Bv(B)	1020	3,6	9	69	22
	40	Bv(B)	1152	2,9	15	76	9
	80	Bv(B)C	1072	3,4	16	66	18
	150	C	1160	4,8	19	70	11

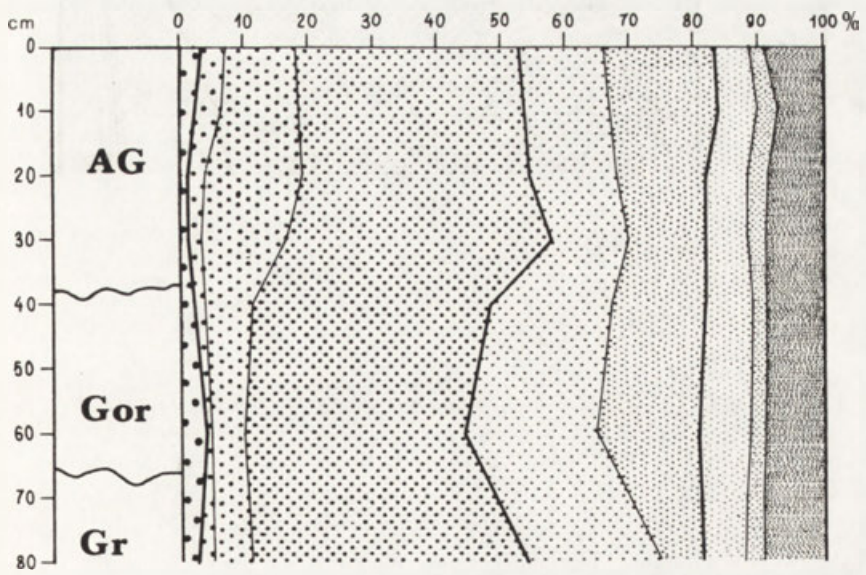
procesów, które kształtowały rzeźbę badanego obszaru oraz procesów glebotwórczych. Terasy rzeczne budują piaski charakteryzujące się wyraźnym przesortowaniem oraz małą zawartością szkieletu. Udział frakcji kamienistej i żwirowej wzrasta jedynie w warstwach kontaktowych pomiędzy strefą regulacji a wiecznej zmarzliny okresu peryglacjalnego (ryc. 14). Powierzchniowe warstwy gleb położonych na obszarach terasowych charakteryzują się wyraźnym wzrostem udziału w składzie mechanicznym frakcji ilastej i pylastej, co jest następstwem ich intensywnego wietrzenia (szczególnie w okresie peryglacjalnym), prowadzącego do rozdrobnienia frakcji o większej średnicy ziarn mineralnych, a następnie przewiania (procesy eoliczne). Budują je drobnoziarniste lub średnioziarniste piaski słabogliniaste i gliniaste, które zalegają na piaskach luźnych. W profilu 4, materiał piaszczysty leży na podłożu zdiagenezowanego iltu, w którym ilt koloidalny stanowi blisko 60% ogółu frakcji (ryc. 14). We wszystkich profilach gleb wykształconych w materiale glacyjfluwalnym (profile 2–4) substrat charakteryzuje się równomier-

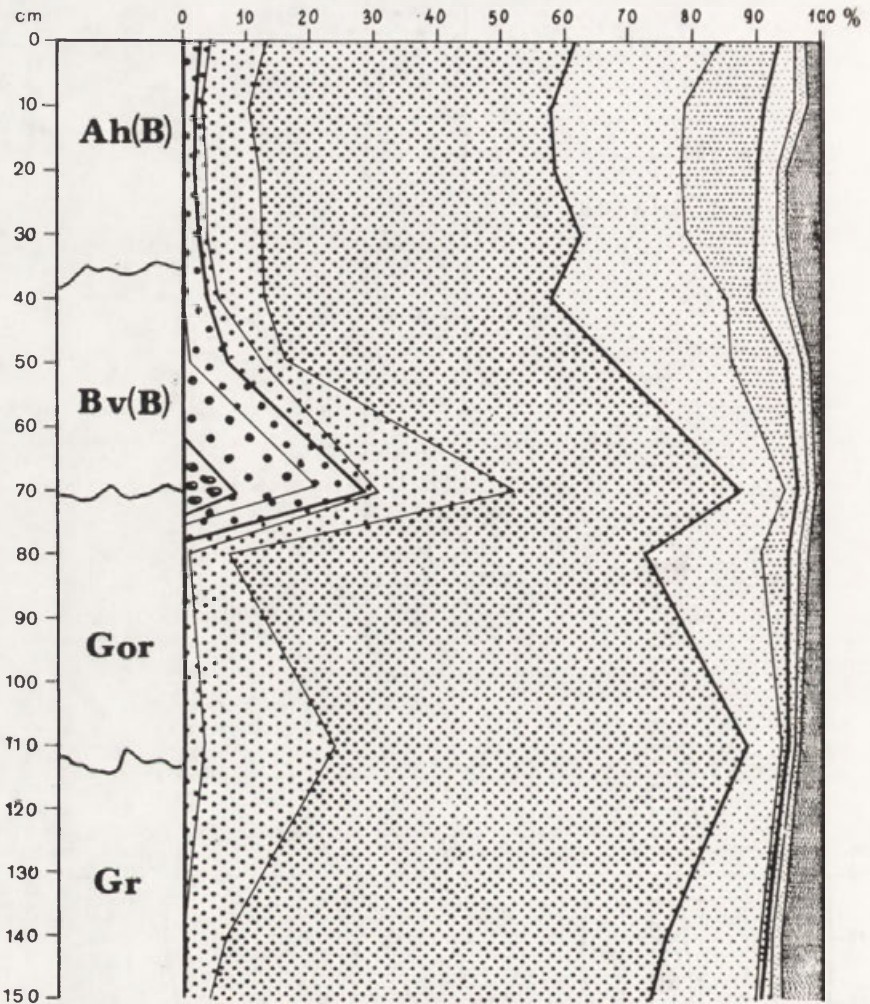


Ryc. 13. Trójkąt Ossanna  
Ossann's triangular system



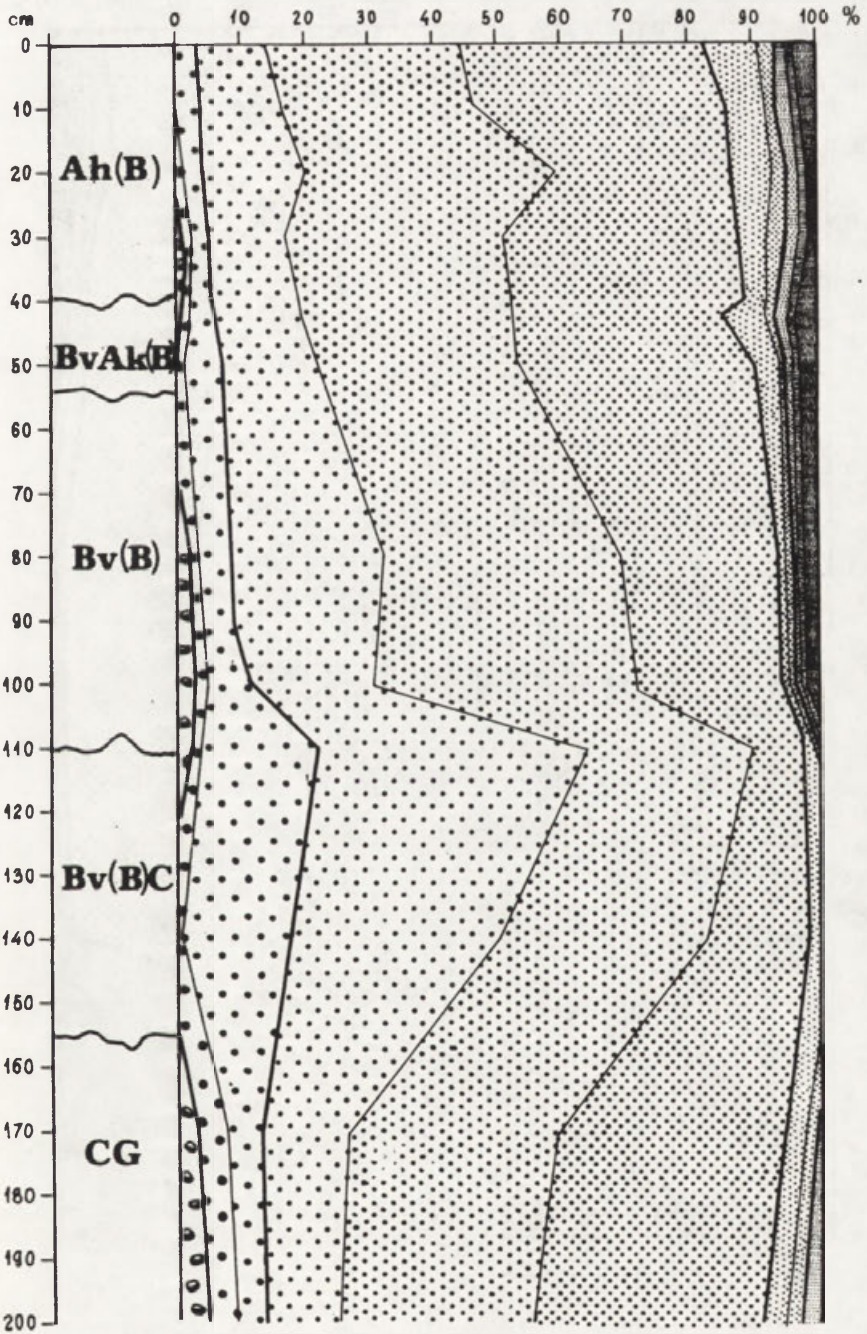
profil 1

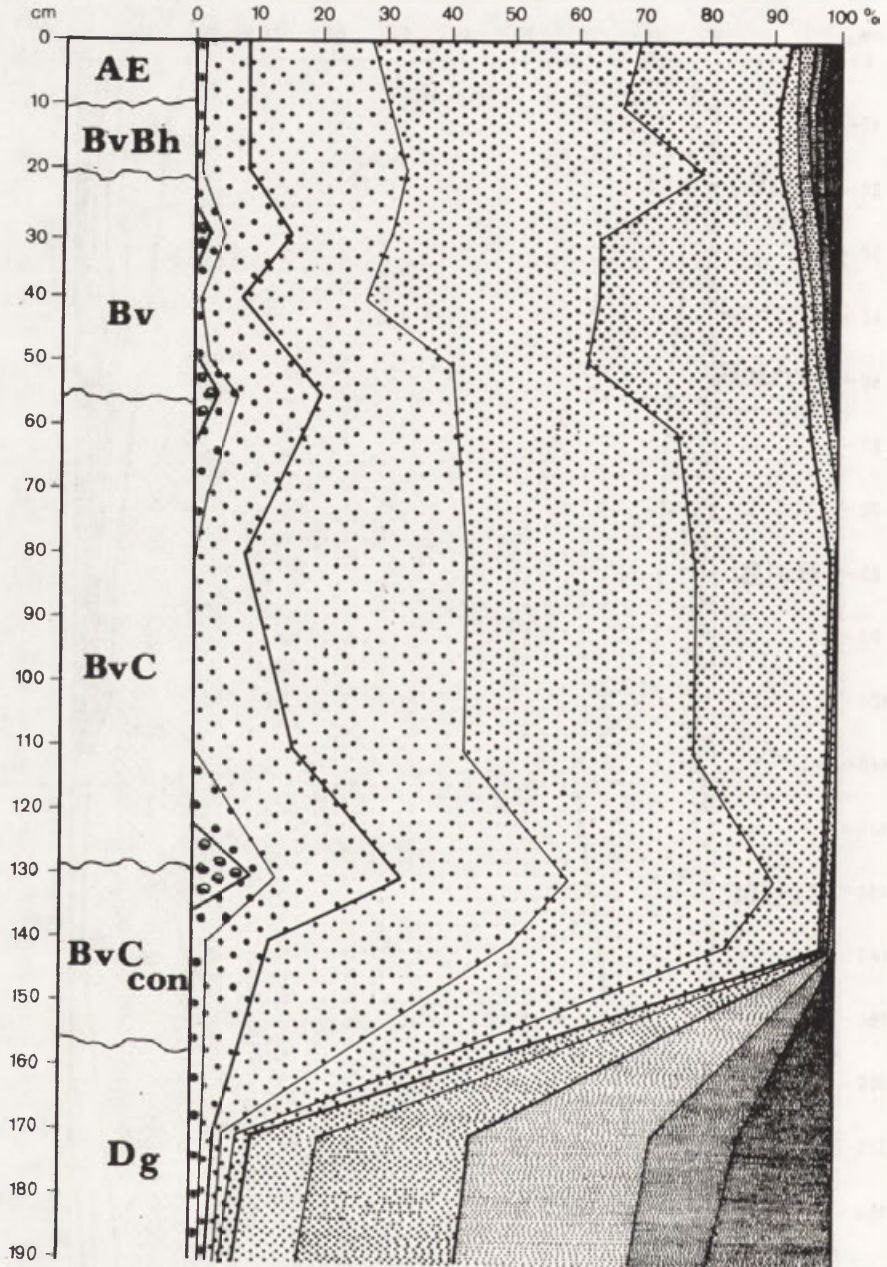






## profil 3

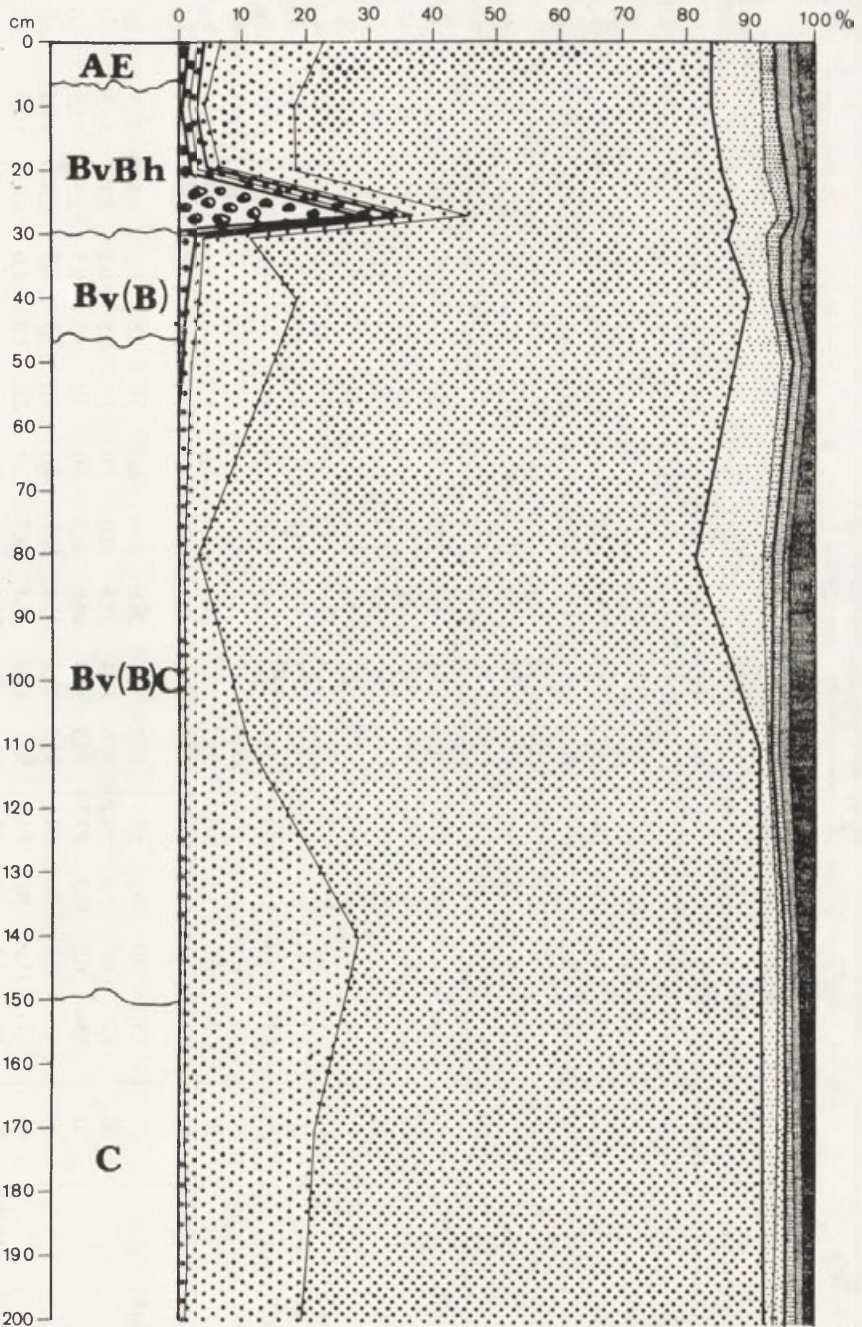




Ryc. 14. Kumulatywny skład mechaniczny badanych gleb (profile 1–5)

Cumulative mechanical composition for investigated soils 1 – stones, 2 – gravel, 3 – sand.

profil 5



4 – dust, 5 – clay, 6 – coarse gravel, 7 – fine gravel, 8 – coarse sand, 9 – middle sand, 10 – fine sand, 11 – coarse dust, 12 – fine dust, 13 – gravel caly, 14 – fine clay, 15 – colloidal caly

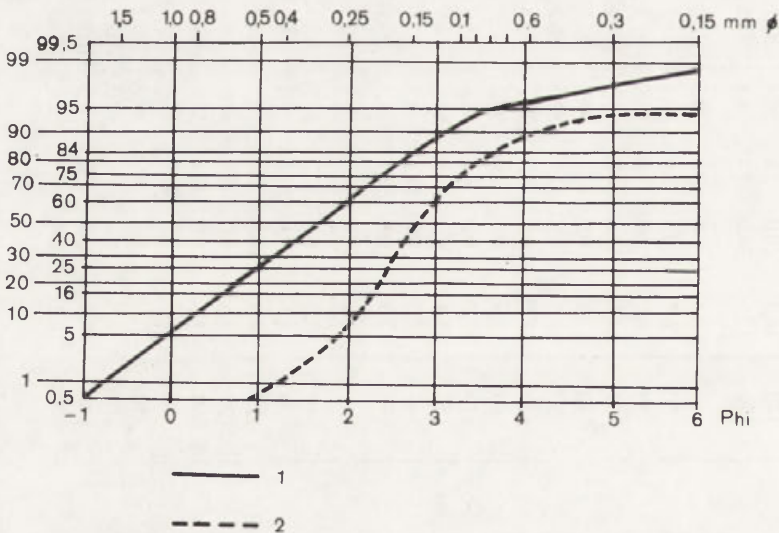
nym uziarnieniem (wartości współczynnika jednorodności  $Wr$  są mniejsze od 5), jedynie powierzchniowe utwory pokrywowe wykazują większą niejednorodność uziarnienia ( $Wr > 5$ ).

Wyraźnie odmienne cechy granulometryczne charakteryzują profile 1 i 5. Profil 1 zbudowany z najmłodszych osadów aluwialnych (drobnoziarniste pylaste piaski gliniaste mocne, mady lekkie piaszczysto pylaste) wykazują największą niejednorodność materiału pod względem uziarnienia ( $Wr > 15$ ), gdy profil 5 wykształcony w materiale akumulacji kemowej cechuje się równoziarnistością materiału litologicznego ( $Wr 2-3$ ). Udział piasku drobnego we wszystkich poziomach genetycznych waha się od 64 do 82% (ryc. 14).

Pełną charakterystykę składu granulometrycznego w poszczególnych poziomach genetycznych zawiera tabela 9.

Fluwialny charakter osadów oraz powierzchniową ich eolizację potwierdziły również obliczone na podstawie analizy składu mechanicznego wskaźniki granulometryczne. Skonstruowane na siatkach prawdopodobieństwa Phi krzywe kumulatywne (dla dwu różnych materiałów litologicznych) wykazują duże różnice w przebiegu. Krzywe charakteryzujące piaski fluwialne są wypukłe, posiadają wyraźne odchylenia od rozkładu logarytmnormalnego ( $\alpha_s = 2,18$ ) i większą szerokość pasma wysortowania ( $P_s = 3,0$ ) oraz cechuje się rozkładem leptokurtycznym ( $K_G = 1,56$ ), gdy krzywe dla piasków wyraźnie przewianych są na znacznym odcinku zbliżone do linii prostej i posiadają rozkład mezokurtyczny ( $K_G = 1,09$ ).

Przykładowe krzywe dla dwu próbek charakteryzujących odmienne środowiska sedimentacyjne przedstawiono na rycinie 15, porównanie zaś obliczo-



Ryc. 15. Przebieg krzywych kumulacyjnych w siatce prawdopodobieństwa Phi:

1 – charakterystycznej dla materiału przewianego (próbka z powierzchni profilu 4), 2 – charakterystycznej dla materiału fluwialnego (ze skały macierzystej – profil 2).

Cumulative curve of granulation on the probability paper in Phi scale

1 – characteristics for eolian sediment (surface of profile 4), 2 – characteristics for fluvial sediment (parent rock horizon – profile 2)

	Bv(B)	80	7,9	25,4	6,7	67,9	92,1	26,5	40,5	28,0	1,0	0,0	0,5	0,0	3,5	95,0	1,0	4,0
	Bv(B)/Bv(B)C	100	10,2	23,5	15,0	61,5	89,8	22,5	45,7	26,8	0,5	0,5	1,0	0,5	2,5	95,0	2,0	3,0
	Bv(B)C	110	22,3	0,0	10,8	89,2	77,7	53,8	33,4	10,8	1,0	0,5	0,5	0,0	0,0	98,0	2,0	0,0
		140	16,9	0,0	3,6	96,4	83,1	39,8	40,1	19,5	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	99,0	1,0	0,0
	CG	170	12,5	26,0	35,4	38,6	87,5	15,7	41,8	41,8	3,0	1,0	1,0	0,0	0,0	95,0	4,0	1,0
4	AE	1	8,1	0,0	9,4	9,6	91,2	21,1	46,0	23,9	3,0	2,0	1,5	0,5	2,0	91,0	5,0	4,0
	AE/BvBh	10	8,7	0,0	11,6	88,4	91,3	25,8	39,7	26,0	3,0	2,0	1,0	0,5	4,0	89,5	5,0	5,5
	BvBh	20	8,7	0,0	5,0	95,0	91,3	25,7	53,4	10,9	3,0	1,0	1,0	2,0	3,0	90,0	4,0	6,0
	Bv	30	14,6	14,6	14,6	70,8	85,4	18,1	38,9	37,0	3,0	0,5	0,5	1,0	1,0	94,0	3,5	2,5
		40	7,8	0,0	3,1	96,8	92,2	20,6	39,8	34,1	1,5	0,5	1,0	0,5	2,0	94,5	2,0	3,5
		50	13,6	6,0	11,4	82,6	86,4	31,0	36,4	27,1	2,0	0,5	1,0	0,5	1,5	94,5	2,5	3,0
	Bv/BvC	55	19,2	20,1	9,7	70,2	80,8	25,6	41,5	28,9	1,0	1,0	0,0	0,0	2,0	96,0	2,0	2,0
	BvC	80	8,0	0,0	2,8	97,2	92,0	37,4	39,3	22,3	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	99,0	1,0	0,0
		110	15,0	0,0	6,2	93,8	85,0	32,1	42,0	23,4	1,0	0,0	1,0	0,5	0,0	97,5	1,0	1,5
	BvC/BvCcon	130	31,4	26,3	10,9	62,8	68,6	54,3	34,1	9,1	0,5	0,5	0,0	1,0	0,5	97,5	1,0	1,5
	BvCcon	140	12,2	0,0	11,6	88,4	87,8	42,4	40,9	14,7	0,0	0,0	3,0	2,0	3,5	91,5	0,0	8,5
	Dg	170	2,9	0,0	95,1	4,9	97,1	2,0	2,6	1,9	10,0	25,0	30,0	13,0	15,5	6,5	35,0	58,5
5	AE	1	3,2	51,2	12,2	36,6	96,8	3,2	16,8	64,0	8,0	2,0	2,5	0,5	3,0	84,0	10,0	6,0
	BvBh	10	2,0	0,0	16,7	83,3	98,0	4,0	12,7	67,8	8,0	1,5	2,0	1,5	2,5	84,5	9,5	6,0
		20	4,5	39,8	24,8	35,4	95,5	2,2	13,2	70,6	7,5	2,5	2,0	1,0	1,0	86,0	10,0	4,0
	BvBh/Bv(B)	27	34,6	96,8	0,0	3,2	65,4	3,1	13,7	65,7	10,0	2,0	1,0	1,0	3,5	82,5	12,0	5,5
	Bv(B)	30	1,6	0,0	44,9	55,1	98,4	2,0	8,9	75,6	7,0	1,5	1,0	0,5	3,5	86,5	8,5	5,0
		40	1,1	0,0	42,1	57,9	98,9	1,8	15,7	73,0	3,0	2,0	1,5	0,5	2,5	90,5	5,0	4,5
		50	0,8	0,0	41,7	58,3	99,2	1,0	13,4	73,6	10,0	0,0	1,0	0,0	1,0	88,0	10,0	2,0
	Bv(B)C	80	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0	0,3	2,7	78,0	11,0	1,0	1,5	0,5	5,0	81,0	12,0	7,0
		110	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0	0,3	11,5	81,2	1,0	1,0	1,0	1,0	3,0	93,0	2,0	5,0
		140	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0	0,8	26,8	65,9	3,0	0,5	0,5	0,0	3,0	93,5	3,5	3,0
	C	170	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0	0,4	21,4	73,2	3,0	0,0	1,0	0,0	1,0	95,0	3,0	2,0

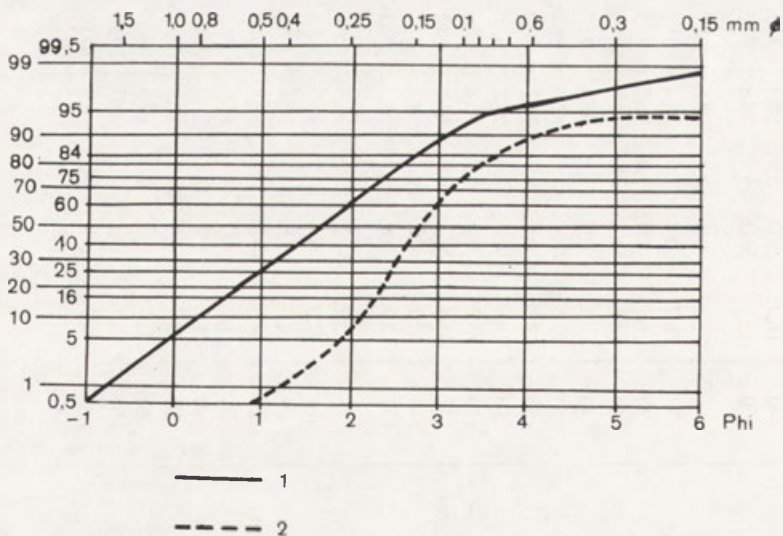
nym uziarnieniem (wartości współczynnika jednorodności  $Wr$  są mniejsze od 5), jedynie powierzchniowe utwory pokrywowe wykazują większą niejednorodność uziarnienia ( $Wr > 5$ ).

Wyraźnie odmienne cechy granulometryczne charakteryzują profile 1 i 5. Profil 1 zbudowany z najmłodszych osadów aluwialnych (drobnoziarniste pylaste piaski gliniaste mocne, mady lekkie piaszczysto pylaste) wykazują największą niejednorodność materiału pod względem uziarnienia ( $Wr > 15$ ), gdy profil 5 wykształcony w materiale akumulacji kemowej cechuje się równoziarnistością materiału litologicznego ( $Wr 2-3$ ). Udział piasku drobnego we wszystkich poziomach genetycznych waha się od 64 do 82% (ryc. 14).

Pełną charakterystykę składu granulometrycznego w poszczególnych poziomach genetycznych zawiera tabela 9.

Fluwialny charakter osadów oraz powierzchniową ich eolizację potwierdziły również obliczone na podstawie analizy składu mechanicznego wskaźniki granulometryczne. Skonstruowane na siatkach prawdopodobieństwa Phi krzywe kumulatywne (dla dwu różnych materiałów litologicznych) wykazują duże różnice w przebiegu. Krzywe charakteryzujące piaski fluwialne są wypukłe, posiadają wyraźne odchylenia od rozkładu logarytmnormalnego ( $\alpha_s = 2,18$ ) i większą szerokość pasma wysortowania ( $P_s = 3,0$ ) oraz cechuje się rozkładem leptokurtycznym ( $K_G = 1,56$ ), gdy krzywe dla piasków wyraźnie przewianych są na znacznym odcinku zbliżone do linii prostej i posiadają rozkład mezokurtyczny ( $K_G = 1,09$ ).

Przykładowe krzywe dla dwu próbek charakteryzujących odmienne środowiska sedimentacyjne przedstawiono na rycinie 15, porównanie zaś obliczo-



Ryc. 15. Przebieg krzywych kumulacyjnych w siatce prawdopodobieństwa Phi:

1 - charakterystycznej dla materiału przewianego (próbka z powierzchni profilu 4), 2 - charakterystycznej dla materiału fluwialnego (ze skały macierzystej - profil 2).

Cumulative curve of granulation on the probability paper in Phi scale

1 - characteristics for eolian sediment (surface of profile 4), 2 - characteristics for fluvial sediment (parent rock horizon - profile 2)

nych wskaźników granulometrycznych dla próbek badanego materiału glebowego z przeciętnymi wartościami wskaźników charakteryzujących różnogenetyczne piaski Polski Środkowej (przyjętymi za Grzegorzcykiem 1970 i Nowaczykiem 1976) przedstawia tabela 10.

Tabela 10

Średnie wartości wskaźników granulometrycznych dla piasków różnogenetycznych

Wskaźniki	Przeciętne dla Polski środkowej		Średnie dla powierzchni badań	
	eoliczne	terasowe	eoliczne	terasowe
Odchylenie standardowe ( $\delta$ )	0,83	1,38	0,89	1,31
Kurtoza graficzna ( $K_G$ )	1,06	1,29	1,09	1,56
Asymetria ( $\alpha_S$ )	-0,19	2,23	-0,20	2,18
Wysortowanie ( $P_S$ )	2,14	3,14	1,83	3,00

## Charakterystyka petrograficzna

### – Profil 1

Próbki glebowe pobrane z poziomów genetycznych profilu 1 (Ag,  $G_{or}$ ) wskazują, że są to fluwialnie przemieszczone cząsteczki glebowe (mady). Ziarna kwarcu obu badanych próbek wykazują wspólne cechy. Występują tu ziarna o powierzchniach wygładzonych charakteryzujące środowisko sedymentacji fluwialnej. W warstwie powierzchniowej występują również ziarna częściowo izometryczne, półobtoczone, słabo przeświecające o powierzchniach chropowatych, co może sugerować eoliczny transport materiału detrytycznego. Ziarna kwarcu częściowo oblepione są substancją organiczną (tab. 11).

Badane próbki we frakcji ciężkiej zawierają 13–15% składników nieodpornych na czynniki wietrzenia i transportu, 56–64% składników średnioodpornych oraz 23–29% odpornych (tab. 12).

Próbka z poziomu  $G_{or}$  (z 50 cm) zawiera dodatkowo ostrokrawędziste ziarna getytu, zapewne utworzonego in situ. Ziarna minerałów ciężkich tej próbki odznaczają się słabszym stopniem obróbki mechanicznej, niż w poziomie akumulacyjnym, zawsze jednak są częściowo obtoczone. Na podstawie fizjografii ziarn kwarcu i ziarn minerałów ciężkich można stwierdzić, że materiał detrytyczny profilu 1 pochodzi wyłącznie z redepozycji starszych osadów czwartorzędowych.

### – Profil 2

W profilu tym materiał litologiczny jest głównie pochodzenia fluwialnego. W próbkach powierzchniowych wśród ziarn kwarcu występują również ziarna słaboprzejrzyste, o powierzchniach chropowatych, wskazujących na nakładanie się transportu eolicznego na wodny. W próbkach tych ziarna są częściowo oblepione substancją organiczną lub jasnym iłem. Najczystsze ziarna notowano w próbce z głębokości 120 cm.

Badania frakcji ciężkiej wykazały, że w próbce dominują granaty (których zawartość maleje z głębokością profilu), liczne są amfibole oraz cyrkon. Zawartość składników nietrwałych wynosi 19–36% (wzrasta ku spągowi profilu), średnietrwałych wynosi 33–50%, a zawartość składników odpo-

Skład mineralny frakcji lekkiej (0,5–0,8 mm)

Profil	Głębokość próbki (w cm)	Składniki mineralne							Składniki organiczne okruszy szczątki węgliste roślinne	
		ziarna mineralne		okruszy skał		agregaty ziarniste				
		kwarc	skalenię	krystalicznych	rogowcowych	piaszczyste	piaszczysto-humusowe	pylaste		
I	10	19	1	1	–	–	–	79	+	1
	50	2	+	+	–	98	–	–	+	1
II	10	32	2	1	–	65	–	–	–	12
	50	33	1	1	+	65	–	–	–	4
	80	20	1	1	–	36	42	–	–	+
	120	65	4	4	–	27	–	–	–	1
III	10	70	4	4	–	22	–	–	–	15
	50	90	2	7	1	–	–	–	–	1
	80	90	5	4	1	–	–	–	–	1
	120	90	2	8	+	–	–	–	–	+
	170	89	5	6	+	–	–	–	–	+
IV	10	87	4	4	–	–	5	–	–	7
	20	95	2	3	+	–	–	–	–	2
	40	89	4	7	+	–	–	–	–	+
	100	89	5	6	–	–	–	–	–	–
	140	89	4	6	1	–	–	–	–	–
V	170	2	+	–	–	–	–	98	–	+
	10	93	5	2	–	–	–	–	–	20
	20	91	3	3	–	–	3	–	–	22
	40	88	6	5	1	–	–	–	–	10
	80	4	+	+	–	96	–	–	–	–
	150	49	5	6	–	40	–	–	–	–

Objaśnienia: + oznacza śladowe występowanie minerału; – oznacza brak minerału.

nych 17–43%. Wyróżnia się materiał litologiczny z głębokości 80 cm, zawierający wyjątkowo dużo minerałów trwałych w warunkach wietrzenia i transportu (tab. 12).

W obrębie frakcji ciężkiej przeważają ziarna mineralne dobrze obtoczone, chociaż notuje się też ostrokrawędziste. Dowodzi to, że większość materiału detrytycznego badanej gleby pochodzi z redepozycji starszych piasków czwartorzędowych, a tylko niewielka część bezpośrednio ze skał osadzonych na miejscu.

– Profil 3

Dominujący we frakcji lekkiej profilu 3 kwarc jest głównie pochodzenia fluwialnego. W próbce z głębokości 10 cm występują również ziarna, których cechy powierzchniowe sugerują transport eoliczny.

We frakcji ciężkiej dominują granaty, inne minerały są znacznie mniej



Skład mineralny frakcji ciężkiej gleb (0,06–0,20 mm)

Profil	Głębokość próbki w cm	Procent wagowy	Minerały nieprzezroczyste		Minerały przezroczyste (suma – 100%)														Współczynniki liczbowe					
			%	magnetyt ilmenit hematyt	amfibol andaluzyt apatyt cyrkon dysten epidot zwyczajny granat klinozoit pirokсен rutyl staurolit sylimanit turmalin tytanit	N	S	O	$\frac{O}{N+S}$	$\frac{N}{O}$	$\frac{S}{O}$	$\frac{N}{S}$												
I	10	0,91	24 22 2 –	12 2 + 12 +	6 56 2 1 3 4 + 2 –	13	64	23	0,30	0,57	2,78	0,20												
	50	1,11	22 20 2 –	14 1 – 18 1	4 52 + 1 5 2 – 2 –	15	56	29	0,41	0,52	1,93	0,27												
II	10	0,81	20 18 2 –	17 1 – 14 1	8 43 + 2 8 4 + 2 –	19	51	30	0,43	0,63	1,70	0,37												
	50	0,84	22 19 3 –	18 + + 18 +	5 43 2 3 3 4 – 4 –	21	50	29	0,41	0,72	1,72	0,42												
	80	0,80	24 22 2 –	21 1 + 28 1	5 28 + 3 5 2 + 6 –	24	33	43	0,75	0,56	0,77	0,73												
	120	0,53	20 18 2 –	31 1 1 10 2	6 37 1 5 + 3 2 1 –	36	41	17	0,20	2,12	2,76	0,77												
III	10	0,80	26 24 2 –	10 1 – 10 1	5 56 + 5 4 4 – 4 –	15	61	24	0,32	0,63	2,54	0,25												
	50	1,76	29 26 3 –	14 1 – 3 –	4 66 – 3 1 3 + 5 –	17	70	13	0,15	1,31	5,38	0,24												
	80	2,11	27 26 1 –	6 2 – 10 2	3 63 – 3 1 8 + 2 –	9	66	25	0,33	0,36	2,64	0,14												
	120	1,12	24 22 2 –	23 1 + 9 2	7 47 + 2 1 4 + 4 –	25	54	21	0,27	1,19	2,57	0,46												
IV	170	2,09	20 18 2 –	22 3 – 4 1	3 50 – 5 1 5 – 6 –	27	53	20	0,25	1,35	2,65	0,51												
	10	0,99	21 19 2 –	16 1 + 15 1	4 50 + 7 1 2 + 3 –	23	54	23	0,30	1,00	2,35	0,43												
	20	0,82	24 20 4 –	15 2 – 6 –	4 61 1 4 2 2 + 3 –	19	66	15	0,18	1,27	4,40	0,29												
	40	0,84	18 16 2 –	8 1 + 4 1	6 68 1 3 1 4 + 3 –	11	75	14	0,16	0,79	5,36	0,15												
	100	0,90	19 18 1 –	13 2 – 3 1	6 59 + 4 1 5 1 5 –	17	66	17	0,20	1,00	3,88	0,26												
	140	1,09	15 12 2 1	12 7 1 1 1	7 56 – 6 2 3 + 4 –	18	64	18	0,22	1,00	3,56	0,28												
V	170	0,26	26 20 5 1	10 1 – 12 1	2 64 + 4 2 2 – 2 –	14	66	20	0,25	0,70	3,30	0,21												
	10	0,43	24 20 3 1	19 1 + 5 1	5 55 2 3 3 4 + 1 1	22	62	16	0,19	1,38	3,88	0,35												
	20	2,02	18 15 2 1	20 1 – 4 1	4 60 + 4 3 1 + 2 +	24	64	12	0,14	2,00	5,33	0,38												
	40	1,25	20 16 2 2	21 1 + 4 3	7 43 + 8 3 6 + 4 +	29	50	21	0,27	1,38	2,38	0,58												
	80	0,36	27 19 3 5	19 1 + 4 9	1 50 1 2 3 5 + 5 –	21	60	19	0,23	1,11	3,16	0,35												
150	0,75	29 23 3 3	12 2 – 9 1	6 53 + 7 2 4 – 4 –	19	59	22	0,29	0,86	2,68	0,32													

Objaśnienia: + oznacza śladowe występowanie mineralu; – oznacza brak mineralu.

liczne. Badane próbki zawierają od 9 do 27% składników nieodpornych na czynniki wietrzenia, 53–70% składników średnioodpornych oraz 13–25% odpornych (tab. 12). W próbkach z głębokości 10 i 120 cm obok obtoczonych ziarn minerałów ciężkich występują ziarna ostrokrawędziste. W pozostałych próbkach występują jedynie ziarna obtoczone i półobtoczone, co świadczy o wielokrotnym przerobieniu materiału detrytycznego badanych osadów.

#### – Profil 4

We frakcji lekkiej dominuje kwarc. Ziarna jego są najczęściej izometryczne, półobtoczone, słabo przeświecające, o powierzchniach chropowatych. W zagłębieniach powierzchni ziarn z głębokości 10 i 20 cm występuje czarna substancja organiczna. Kwarc z próbek pobranych głębiej (100 i 140 cm) ma powierzchnie czyste i błyszczące, co sugeruje transport fluwialny.

Badania frakcji ciężkiej wykazały, że dominują tu granaty, amfiboli jest zaś poniżej 20%. Analizowane próbki zawierają 11–23% składników nietrwałych, 54–75% składników średnioodpornych i 14–23% – odpornych (tab. 12).

Znaczny stopień obróbki mechanicznej ziarn materiału detrytycznego obu badanych frakcji wskazuje na pochodzenie jego wyłącznie z redepozycji starszych piasków.

#### – Profil 5

W profilu tym wyróżniają się próbki z głębokości 10 i 20 cm odznaczające się pokryciem ziarn detrytu substancją organiczną (tab. 11). Zawierają one liczne szczątki roślinne. Znacznie mniejszą zawartością substancji organicznej charakteryzowała się próbka z głębokości 40 cm. Wszystkie trzy wymienione próbki stanowią niezlityfikowane piaski. Materiał pobrany z głębokości 80 i 150 cm, stanowią zdiagenezowane piaski, spojone substancją ilastą i organiczną. Ziarna kwarcu materiału powierzchniowego, z uwagi na fizjografię ziarn, można uznać za silnie przekształcone w wyniku procesów eolicznych, gdy kwarc z poziomów głębszych posiada tylko cechy transportu fluwialnego.

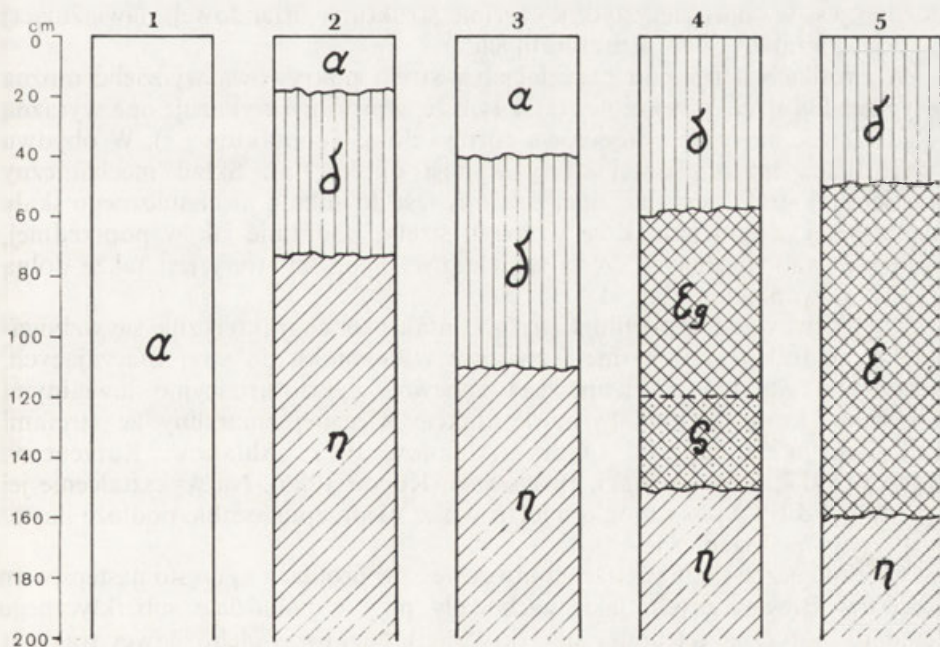
Fracja ciężka badanych próbek zawiera 19–29% składników nietrwałych, 50–64% składników średnioodpornych oraz 12–22% – odpornych (tab. 12). Cechą charakterystyczną tej frakcji jest występowanie w niej obok ziarn dobrze obtoczonych również licznych ziarn ostrokrawędzistych. Sugeruje to transport materiału detrytycznego co najmniej z dwu źródeł: starszych redeponowanych piasków czwartorzędowych i bezpośrednio z wietrzejących skał narzutowych. Najślabszym stopniem obróbki mechanicznej składników obu badanych frakcji wyróżnia się obróbka z głębokości 40 cm.

Procentowy udział minerałów, charakteryzujących się różnym stopniem odporności na czynniki wietrzenia i transportu, dowodzi silnego zwietrzenia materiału litologicznego w całych profilach badanych gleb (tab. 12). Jedynie w profilu 2 wyraźny wzrost udziału składników nieodpornych, wraz ze wzrostem głębokości, wskazywać może na silniejsze działanie czynników egzogenicznych i przekształcenie materiału litologicznego tylko powierzchniowych warstw gleby (co sugerować może krótszy okres wietrzenia tego materiału lub też erozyjne ścięcie pewnej warstwy gleby).

## Rozwój pokrywy glebowej

## – Cechy peryglacialne w profilach gleb

Wszystkie badane profile (2–5) gleb terestrycznych posiadają dobrze ukształtowaną sekwencję przekształceń mrozowych o poligenetycznym charakterze, z cechami agradacji i degradacji peryglacialno-holocenińskiej, tworzących tak zwane strefy perstrukcji (Kopp 1969) nazywane w Polsce strefami przekształceń (Kowalkowski, Borzyszkowski, Porębska 1981). Głębokość stref przekształceń jest zróżnicowana i wynosi od 70 cm w profilu 2 do 150 cm w profilu 5, co zgodnie z klasyfikacją A. Kowalkowskiego (Kowalkowski, Borzyszkowski, Porębska 1981) można uznać jako średniogłębokie i głębokie. Miąższość stref przekształceń nawiązuje do długości trwania i nasilenia oddziaływania procesów peryglacialnych na materiał litologiczny (ryc. 16). Na obszarze wysoczyznowym zjawiska peryglacialne wystąpiły już w końcowej fazie Rissu, podczas gdy na terasach dolinnych dopiero w Würmie, z tym że na najniższej terasie würmskiej tylko w warunkach tundry subarktycznej. Bepośrednio rzutuje to na układ (sekwencję) stref przekształceń w profilu. Przyjmując za O. Koppem (1965, 1969) stratyografię peryglacialnych przekształceń w profilu należy stwierdzić, że wszystkie badane gleby, z wyjątkiem profilu 1, posiadają pokrywową strefę peryglacialną ( $\delta$ ). W profilach 2 i 3 strefa ta



Ryc. 16. Miąższość stref procesów peryglacialnych i holocenijskich w profilach badanych gleb  
 $\alpha$  – aluwia i deluwia holocenijskie,  $\delta$  – pokrywowa strefa peryglacialna,  $\epsilon(\epsilon_g, \zeta)$  – peryglacialna strefa przejściowa (górną, kontaktową),  $\eta$  – niezmiennione podłoże.

## Depth of periglacial and holocen processes zones in various profiles

$\alpha$  – holocen alluvial and deluvial deposit,  $\delta$  – periglacial cover zone,  $\epsilon(\epsilon_g, \zeta)$  – periglacial transition zone (elevated, contact),  
 $\eta$  – invariable substrate.

przykryta jest dodatkowo młodszym materiałem deluwialnym lub aluwialnym, którego geneza związana jest prawdopodobnie ze zbczowymi procesami zmywnymi lub z wezbraniem Pisi i akumulacją osadów w jednym z chłodno wilgotnych okresów eoholocenu (Starkel 1983).

Pokrywowa strefa peryglacialna charakteryzuje się wieloma cechami identyfikacyjnymi, które zostały opisane w warunkach Niziu Polskiego, między innymi przez A. Kowalkowskiego (1973b, 1976a, 1977), S. Białousza (1978), A. Czerwińskiego (1981) oraz A. Kowalkowskiego, J. Borzyszkowskiego i G. Porębską (1981). W badanych glebach są to następujące cechy:

- znaczna grubość warstwy (ok. 50–60 cm) i jej równoległy przebieg w stosunku do powierzchni ziemi;

- zanik warstwowania związany z sezonowymi ruchami materiału w warstwie czynnej;

- żółto-brunatna barwa, jako wynik osadzania się otoczek próchniczno-żelazistych na powierzchniach ziarn mineralnych w środowisku peryglacialnym;

- około dwukrotne w stosunku do innych stref wzbogacenie we frakcje pyłowe i sypkawe, powstałe w wyniku procesów kongelifrakcji oraz deskamacji;

- wzbogacenie spągu strefy we frakcje żwirowo-kamieniste wyznaczające strefę regelacji, czyli działania zmarzliny czynnej. W profilu 5 warstwa ta ułożona jest w charakterystycznej formie struktury girlandowej, nawiązującej do dolnej granicy gleb strukturalnych.

W profilach 4 i 5 pod peryglacialną strefą pokrywową wydzielić można peryglacialną strefę przejściową ( $\epsilon$ ), z tym że w profilu 4 wykazuje ona wyraźną dwudzielność na strefę przejściową górną i dolną (kontaktową  $\zeta$ ). W obydwu przypadkach miąższość tej strefy wynosi około 1 m. Skład mechaniczny przejściowej strefy peryglacialnej zbliżony jest do składu mechanicznego skały macierzystej, z tym jednak że w spągu strefy, podobnie jak w poprzedniej, występuje wzbogacenie w części szkieletowe. Spąg tej strefy jest także dolną granicą odwapnienia (tab. 18).

Zaobserwowana w profilu 4 strefa kontaktowa charakteryzuje się wzbogaceniem we frakcje koloidalne i żwirowe w stosunku do stref otaczających. Geneza tej warstwy związana jest zapewne z krioturbacyjno-iluwalnymi procesami, które zachodziły na kontakcie wiecznej zmarzliny ze strefami nadległymi w środowisku tundry (Alifanow 1977; Alifanow, Karżencew, Makeew 1977; Kowalkowski, Brogowski, Kocóń 1986). Na wykształcenie jej w profilu 4 duży wpływ mogło mieć również nieprzepuszczalne podłoże ilaste.

– Procesy pedogeniczne

Morfologiczne ślady wietrzenia mrozowego w profilach są często następstwem procesów kriogenicznych, jakie zachodziły przy współdziałaniu subarktycznego elementu biotycznego (tundry subarktycznej). Niektórzy gleboznawcy traktują je jako pierwotny proces glebotwórczy, prowadzący do powstania subarktycznych gleb rdzawych z charakterystycznym poziomem Bv, który razem z postglacialnymi i współcześnie zachodzącymi procesami pedogenicznymi tworzy poligenetyczny-izochroniczny, litopedogeniczny profil (Kowalkowski, Borzyszkowski, Porębska 1981; Czerwiński 1981; Kowalkowski – w druku).

Przyjmując tę koncepcję, będącą przedmiotem toczącej się dyskusji nauko-

wej (Białousz 1978; Kowalkowski, Borzyszkowski, Porębska 1981; Prusinkiewicz 1985), pierwotnym procesem glebotwórczym we wszystkich analizowanych glebach terestrycznych były subarktyczny proces rdzawienia i niezależnie od stadium jego rozwoju w poszczególnych glebach zmarzlinowych, tworzyłyby substrat dla gleb pozmarzlinowych.

W profilach 2 i 5 pierwotnym postperyglacialnym procesem glebotwórczym był proces brunatnienia, co koresponduje z czwartorzędowym cyklem klimatyczno-ekologicznym (Dzięciołowski, Tobolski 1982).

Na powierzchni 3 położonej na młodszej terasie würmskiej, w płaskich zagłębieniach terenu przez dłuższą część schyłkowej fazy plejstocenu i w początku holocenu, ze względu na wysoki poziom wód gruntowych oraz deluwalny spływ materiału organiczno-mineralnego, zachodziły procesy glebotwórcze prowadzące do powstania czarnych ziem. Dopiero gdy nastąpiło wcięcie rzeki na pierwszy poziom terasowy i tym samym obniżyły się wody gruntowe, a profil glebowy został nadbudowany (ok. 40 cm) holocenijskim materiałem aluwialnym i deluwalnym na procesy darniowoglejowe lub bagienne nałożył się proces brunatnienia.

Gleby semihydryczne terasy zalewowej (profil 1) związane są z holocenijską, fluwialną akumulacją materiału glebowego (lekkie mady piaszczysto-pylaste)

W profilach położonych na powierzchniach najwyższych (4 i 5) zaznacza się obecnie wyraźne powierzchniowe przemywanie gleb, powodujące przemieszczania się produktów rozkładu minerałów glebowych i substancji organicznej, prowadzące do bielcowania gleb.

Według klasyfikacji generacji gleb Polski (Kowalkowski w druku), badana pedosekwencja należy do grupy staroglacjalno-eoholocenijskiej.

### Systematyka badanych gleb

Na podstawie kryteriów przyrodniczo-genetycznych *Systematyki gleb Polski* (1974) morfologiczne cechy badanych gleb pozwoliły zaliczyć je do pięciu podtypów należących do trzech klas: napływowe, brunatnoziemne, bielicoziemne (tab. 13). Podjęto również próbę taksonomii badanych gleb na podstawie typologii genetyczno-paleogeograficznej (Kowalkowski, Borzyszkowski, Porębska 1981). Na tej podstawie gleby automorficzne zaliczyć można do czterech podtypów, stanowiących jeden typ – gleby rdzawe (tab. 13).

Próchnica nadkładowa, zależnie od żyzności i wilgotności danego pedotypu, tworzy cztery odrębne podtypy – od higromull do moder (tab. 14).

### Budowa profili glebowych

– Profil 1 (ryc. 14)

O<sub>L</sub> – Próchnica nadkładowa typu mull (podtyp higromull), zbudowana z dobrze rozłożonych liści i obumarłych roślin runa, silnie poprzerastana korzeniami roślin.

AG – (średnia miąższość 40 cm) – poziom próchniczno-glejowy, piasek drobnoziarnisty gliniasty mocny pylasty, barwy czarnej (2,5 Y 3/1 – 2), w skład którego wchodzi głównie agregaty piaszczysto-pylaste i substancja organiczna.

Systematyka badanych gleb (na podstawie Systematyki Gleb Polski PTG – 1974) i typologia gleb automorficznych (na podstawie genetyczno-paleogeograficznej typologii – Kowalkowski i in. 1981).

Gleby	Profil	Systematyka PTG				Typologia A. Kowalkowskiego		
		klasa	typ	nazwa	budowa profilu	typ	nazwa	budowa profilu
Semi-hydryczne	1	napływowe	mady rzeczne	mada próchniczno-gruntowo-glejowa	A <sub>0</sub> – AG – Gor – GR	nie obejmuje gleb semihydrycznych		
Automorficzne	2	brunatnoziemne	brunatne	brunatna gruntowo-glejowa	A <sub>0</sub> – Ah(B) – (B) – Gor – Gr	rdzawe	rdzawa brunatna gruntowo-glejowa	O – Ah(B) – Bv(B) – Gor – Gr
	3			brunatna wylugowana (z reliktowym poziomem próchnicznym)	A <sub>0</sub> – Ah(B) – Ak(B) – (B) – (B)C – CG		rdzawa brunatna	O – Ah(B) – BvAk(B) – Bv(B) – Bv(B)C – CG
	4	bielicoziemne	rdzawe	rdzawa bielcowana	A <sub>0</sub> – Ahe – AhB – Br – BrC – C – Dg		rdzawa bielcowana	O – AE – BvBh – Bv – BvC – BvCcon – Dg
	5	brunatnoziemne	brunatne	brunatna bielcowana	A <sub>0</sub> – Ahe – AhB – (B) – (B)C – C		rdzawa brunatna bielcowana	O – AE – BvBh – Bv(B) – BvC – C

Tabela 14

Typy próchnicy nadkładowej w badanych glebach

Profil	Typ	Podtyp	Średnia miąższość (w cm)
1	mull	higromull	0,5
2		mull typowy	1,0
3	moder	mull-moder	2,0
4		moder	3,0
5		moder	5,0

Agregaty te są fragmentami mady, złożonymi głównie z ostrokrawędzistych ziarn pyłu kwarcowego (o dominującej średnicy 0,04 mm) i piasku kwarcowego ( $\sigma$  0,2 mm) oraz ziarn skaleni zlepionych substancją ilastą, jak też organiczną. Kwarc występuje w postaci ziarn kulistych, izometrycznych i półobtoczonych, bezbarwnych lub jasnobezowych. Skalenie występują w postaci białych, ostrokrawędzistych ziarn; dominuje mikroklin i kwaśne plagioklasy. W części stropowej poziom poprzerastany jest korzeniami drzew i roślin runa.

Gor – (średnia miąższość ok. 28 cm) – poziom glejowy oksyoredukcyjny, piasek różnoziarnisty gliniasty mocny, pylasty, barwy niebieskawoszarej (7,5 Y 6/2) z licznymi plamami barwy rdzawej (7,5 YR 5/8), w skład którego wchodzi głównie agregaty piaszczysto-pylaste, złożone głównie z ziarn kwarcu ( $\sigma$  0,06–0,07 mm i 0,14 mm) oraz lepiszcza organiczno-żelazistego.

Gr – poziom glejowo-redukcyjny, stale podtopiony wodą gruntową, piasek drobnoziarnisty gliniasty mocny, pylasty, barwy jasnobezowej, zbudowany głównie z agregatów piaszczysto-pylastych.

– Profil 2 (ryc. 14)

O<sub>L</sub> – próchnica nadkładowa typu mull, sporadycznie przechodząca w mull-moder, podtyp mull typowy o średniej miąższości 1 cm, zbudowany z dobrze rozłożonych liści i obumarłych roślin runa.

Ah(B) – (średnia miąższość 38 cm) – poziom akumulacyjno-próchniczny z cechami brunatnienia, piasek drobnoziarnisty słabogliniasty-pylasty barwy beżowobrunatnej (10 YR 4/1), zbudowany głównie z agregatów pylasto-piaszczystych (kwarc, skalenie potasowe, substancja organiczna), kwarcu i szczątków roślinnych.

Bv(B) – (średnia miąższość 32 cm) – poziom rdzawobrunatny, piasek drobnoziarnisty słabogliniasty-pylasty barwy brunatnobezowej (10 YR 4/4), zbudowany głównie z agregatów pylasto-piaszczystych (ziarna kwarcu o średnicy 0,2 i 0,02 mm spojone substancją organiczną i ilastą), kwarcu i szczątki roślinne.

Gor – (średnia miąższość 40 cm) – poziom glejowy oksydoredukcyjny, piasek luźny drobnoziarnisty barwy beżowej (10 YR 5/6) z rdzawymi plamami żelazistymi (7,5 YR 6/8), zbudowany głównie z agregatów piaszczysto-humusowych, agregatów piaszczystych i kwarcu. Agregaty piaszczysto-humusowe złożone są głównie z piasku kwarcowego i substancji organicznej. Agregaty piaszczyste z ziarn kwarcu ( $\sigma$  0,02 mm, 0,07–0,2 mm), sporadycznie z minerałów ciężkich, skaleni potasowych i substancji ilastej.

Gr – poziom glejowy redukcyjny, piasek drobnoziarnisty słabogliniasty barwy jasnobezowej (5Y 7/3) z rdzawymi plamami żelazistymi (7,5 YR 5/8), zbudowany z kwarcu i agregatów piaszczystych. W zagłębieniach powierzchni ziarn kwarcu tkwią niekiedy bardzo drobne skupienia rdzawych wodorotlenków żelaza. Agregaty piaszczyste złożone są głównie z ziarn kwarcowych o średnicy 0,14–0,20 mm, zlepionych substancją ilastą i organiczną lub wodorotlenkiem żelaza.

– Profil 3 (ryc. 14)

O<sub>L</sub> – (średnia miąższość 1 cm) – podpoziom surowinowy, zbudowany z liści i obumarłych roślin runa.

O<sub>f</sub> – (średnia miąższość 0,5 cm) – podpoziom detrytu, częściowo rozłożone liście i obumarłe rośliny runa.

Ah(B) – (średnia miąższość 38 cm) – poziom próchniczno-brunatny, piasek różnoziarnisty słabogliniasty barwy ciemnoszarej (10 YR 4–3/3), zbudowany głównie z kwarcu oraz agregatów piaszczysto-pylastych i szczątków roślinnych. Ziarna kwarcu często oblepione są czarną substancją organiczną. Agregaty piaszczysto-pylaste złożone są z kwarcu o średnicy 0,07 mm oraz substancji organicznej.

BvA<sub>k</sub>(B) – (średnia miąższość 16 cm) – reliktowy poziom próchniczny brunatny, piasek różnoziarnisty słabogliniasty barwy brunatnordzawej (7,5 YR 4–3/3), zbudowany w 90% z kwarcu oraz okruchów skał krystalicznych. Ziarna kwarcu są bardzo często oblepione substancją organiczną lub mają drobne skupienia wodorotlenków żelaza na powierzchni.

Bv(B) – (średnia miąższość 55 cm) – poziom rdzawobrunatny, piasek luźny średnioziarnisty barwy rdzawej (7,5 YR 5/6), zbudowany w 90% z kwarcu oraz okruchów skał krystalicznych i skaleni.

Bv(B)C – (średnia miąższość 48 cm) – poziom przejściowy, piasek luźny różnoziarnisty barwy jasnożółtej (10 YR 5/6), zbudowany w 90% z kwarcu oraz okruchów skał krystalicznych i skaleni.

CG – poziom skały macierzystej gruntowo oglejony, piasek luźny, różnoziarnisty barwy szarobieżowej (2,5 Y 7/3) z rdzawymi plamami żelazystymi (7,5 YR 5/8), zbudowany z kwarcu, skaleni i okruchów skał krystalicznych.  
– Profil 4 (ryc. 14)

O<sub>L</sub> – (średnia miąższość ok. 1,5 cm) – podpoziom surowinowy, słabo rozłożone liście i obumarłe rośliny runa.

O<sub>f</sub> – (średnia miąższość ok. 1 cm) – podpoziom detrytu, częściowo rozłożone liście i obumarłe rośliny runa.

AE – (średnia miąższość 12 cm) – poziom próchniczno-eluwialny, piasek luźny średnioziarnisty barwy brunatnej (7,5 YR 5–4/1), zbudowany w 87% z kwarcu oraz szczątków roślinnych, agregatów piaszczysto-humusowych, skaleni i okruchów skał krystalicznych. Ziarna kwarcu częściowo pokryte są jasnym iłem (7,5 YR 8/1) lub ciemną substancją organiczną (7,5 YR 3/1). Podobnie substancją organiczną czy ilastą, pokryte są ziarna skaleni potasowych i okruchy gnejsów. Agregaty piaszczysto-humusowe złożone są z substancji organicznej i drobnych ziarn piasku kwarcowego.

BvBh – (średnia miąższość 12 cm) – poziom rdzawy wmywania (iluwialny), piasek średnioziarnisty słabogliniasty barwy beżowordzawej (10 YR 5/6), w 95% zbudowany z kwarcu, ponadto ze szczątków roślinnych, skaleni i okruchów skał krystalicznych. Ziarna kwarcu często oblepione są iłem.

Bv – (średnia miąższość 36 cm) – poziom rdzawy, piasek luźny różnoziarnisty barwy rdzawej (7,5 YR 5/6), zbudowany w 89% z kwarcu, a ponadto z okruchów skał krystalicznych i skaleni.

BvC – (średnia miąższość 75 cm) – poziom przejściowy, piasek luźny różnoziarnisty rdzawożółty (10 YR 6/4), zbudowany w 89% z kwarcu oraz okruchów skał krystalicznych i skaleni. Na powierzchniach ziarn kwarcu widoczne ślady wodorotlenku żelaza.

BvC<sub>con</sub> – (średnia miąższość 24 cm) – poziom kontaktowy, piasek luźny różnoziarnisty jasnobrunatny (5 YR 4/4), zbudowany w 89% z kwarcu, a ponadto ze skaleni i okruchów skał krystalicznych.

Dg – podłoże z cechami procesów pseudoglejowych, il pylasty zdiagenezozo-



wany beżowy (10 YR 7/4), zbudowany prawie w całości z agregatów piaszczystych (o średnicy ziarn kwarcu 0,22 mm) oraz nielicznych skaleni i okruchów skał krystalicznych.

– Profil 5 (ryc. 14)

$O_L$  – (średnia miąższość 1,5 cm) – podpoziom surowinowy, słabo rozłożone liście i obumarłe rośliny runa.

$O_r$  – (średnia miąższość 1,5 cm) – podpoziom detrytu, częściowo rozłożone liście i obumarłe rośliny runa. Stopień rozdrobnienia i humifikacji resztek organicznych zwiększa się stopniowo ku dołowi.

AE – (średnia miąższość 8 cm) – poziom próchniczno-eluwialny, piasek drobnoziarnisty słabogliniasty barwy szarej (7,5 YR 3/4) zbudowany w 93% z kwarcu, a także składników organicznych. Ziarna kwarcu mają naloty substancji organicznej i szarego ilu.

BvBh – (średnia miąższość 22 cm) – poziom rdzawy – wmywania (iluwalny), piasek różnoziarnisty słabogliniasty beżowy (7,5 YR 4/4), w 91% zbudowany z kwarcu, a ponadto z agregatów piaszczysto-humusowych i szczątków roślinnych. Kwarc jest silnie oblepiony substancją organiczną i ilastą.

Bv(B) – (średnia miąższość 22 cm) – poziom rdzawy i brunatny, piasek słabogliniasty, drobnoziarnisty brunatny (10 YR 3/7), zbudowany z kwarcu (88%), a także skaleni, okruchów skał krystalicznych i szczątków roślinnych. Ziarna kwarcu często pokryte są substancją ilastą.

Bv(B)C – (średnia miąższość 100 cm) – poziom przejściowy, piasek słabogliniasty drobnoziarnisty rdzawobeżowy (10 YR 3/7), zbudowany prawie w całości z agregatów piaszczystych, które złożone są głównie z ziarn kwarcu ( $\varnothing$  0,16 mm) scementowanych substancją ilastą, miejscami także i organiczną.

C – skała macierzysta, piasek luźny drobnoziarnisty wyraźnie warstwowany, beżowy (10 YR 4/7), zbudowany z kwarcu, agregatów piaszczystych, skaleni i okruchów skał krystalicznych. Agregaty piaszczyste budują ziarna kwarcu o średnicy 0,22 mm.

### Właściwości fizyczne

Wyniki analizy składu petrograficznego wskazują, że badane gleby buduje głównie kwarc, a udział minerałów ciężkich jest niewielki. Dominujący udział kwarcu wpływa na gęstość właściwą substratu badanych gleb. Wartości gęstości właściwej wahają się od 2,54 do 2,70 g/cm<sup>3</sup> i wzrastają w głąb profilu (tab. 15). Wyniki te nie odbiegają od rezultatów uzyskiwanych w innych glebach wykształconych z piasków fluwiogłacjalnych na Niżu (Królowska 1966; Kowalkowski, Nowak 1968b; Degórski 1979).

Ze wzrostem głębokości wzrasta również gęstość objętościowa, od 1,20 g/cm<sup>3</sup> w warstwach powierzchniowych do 1,79 g/cm<sup>3</sup> w ciężkim materiale ilastego podłoża profilu czwartego (tab. 14). O kierunku zmian gęstości objętościowej w profilach decyduje rozkład korzeni i substancji organicznej. Korzenienie się roślin oraz większy udział substancji organicznej w górnej części profilu powoduje luźniejsze ułożenie frakcji substratu. Znajduje to pełne „odzwierciedlenie” w rozkładzie porowatości, wskazujące na największy udział wolnych przestworów glebowych w próchniczno-mineralnych poziomach gleb (tab. 15).

Pierwotne właściwości fizyczne oraz właściwości litologiczne substratu są

Pierwotne i powietrzne właściwości fizyczne gleb

Profil	Poziom	Gęstość objętościowa	Gęstość właściwa (g/cm <sup>3</sup> )	Poro-watość	Kapilarna pojemność powietrzna (%)	Niekapilarna pojemność powietrzna (%)
1	AG	1,20	2,54	52,76	19,16	6,94
	Gor	1,45	2,59	44,02	17,56	2,25
2	Ah(B)	1,36	2,59	47,49	24,58	7,93
	Bv(B)	1,48	2,61	43,30	25,65	9,88
	Gor	1,59	2,64	39,77	24,09	8,46
	Gr	1,71	2,68	36,19	11,24	4,44
3	Ah(B)	1,50	2,61	42,53	26,71	14,07
	BvAk(B)	1,55	2,64	41,29	29,82	17,75
	Bv(B)	1,67	2,64	36,76	27,61	17,05
	Bv(B)C	1,73	2,66	34,96	27,34	14,73
	CG	1,62	2,68	39,55	31,20	18,63
4	AE	1,63	2,60	37,30	25,12	8,83
	BvBh	1,67	2,68	37,69	28,24	8,67
	Bv	1,64	2,70	39,26	30,23	16,19
	BvC	1,71	2,68	36,19	28,67	10,68
	BrCcon	1,70	2,67	36,33	29,21	8,17
	Dg	1,79	2,56	30,08	2,84	0,00
5	AE	1,23	2,56	51,95	28,41	10,90
	BvBh	1,51	2,65	43,02	28,51	7,48
	Bv(B)	1,51	2,66	43,23	31,23	8,52
	Bv(B)C	1,68	2,66	36,24	24,62	6,67
	C	1,59	2,67	40,45	31,23	8,30

jednym z podstawowych czynników determinujących kształtowanie się wtórnych właściwości fizycznych analizowanych gleb. Rozkład pojemności wodnych, a także pojemności powietrznych przebiega zgodnie z liczbą wolnych przestworów glebowych (tab. 16). Najlepszymi właściwościami wodno-powietrznymi charakteryzuje się mada próchniczna oraz poziomy mineralno-próchniczne gleb brunatnych. Poziomy te zatrzymują najwięcej wody w przestworach glebowych przy podsiąku kapilarnym (KPW), utrzymują największą wilgotność przy swobodnym odpływie grawitacyjnym (PPW) oraz charakteryzują się maksymalną adsorpcją pary wodnej (MH), przy jednocześnie dobrych warunkach aeracji (ryc. 17).

Ocenę właściwości wodnych, jako cechy glebowej, przeprowadzono pod kątem określenia właściwości retencyjnych gleb. Wyrażono je zapasami wody glebowej w danych warunkach wilgotnościowych (tab. 17). Stwierdzono wysoką zgodność pomiędzy zdolnościami retencyjnymi gleb a pojemnościami wodnymi (zmniejszanie się wraz ze wzrostem głębokości). Jedynie w wypadku zapasu wody glebowej w stanie pojemności kapilarnej zaobserwowano ponowny wzrost retencji w poziomach przejściowych oraz skale macierzystej, co może być powodowane występującym wraz ze wzrostem głębokości nasileniem się oddziaływania sił kapilarnych (Birecki, Trzecki 1964).

Tabela 16

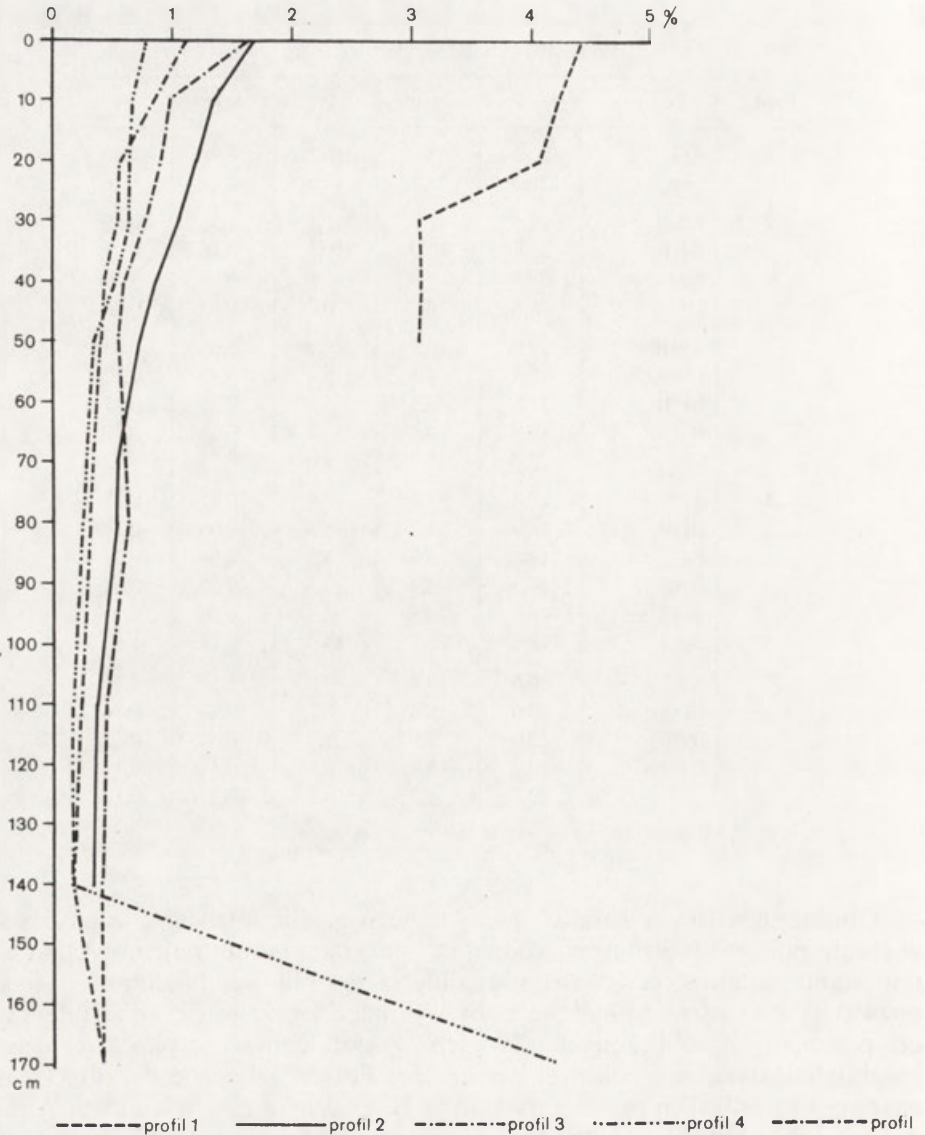
## Właściwości wodne gleb (% wag.)

Profil	Poziom	KPW	PPW	W	MH	H
1	AG	37,3	28,8	36,1	3,98	1,70
	Gor	28,5	18,3	23,5	3,11	1,26
2	Ah(B)	29,4	16,8	15,1	1,30	0,60
	Bv(B)	23,4	11,9	10,3	0,78	0,35
	Gor	20,9	9,9	11,0	0,51	0,19
	Gr	18,6	14,6	20,7	0,33	0,15
3	Ah(B)	19,0	10,5	9,1	0,69	0,33
	BvAk(B)	15,5	7,4	5,4	0,42	0,22
	Bv(B)	11,8	5,5	5,0	0,31	0,17
	Bv(B)C	11,8	4,4	3,4	0,26	0,10
	CG	13,7	5,2	4,6	0,37	0,17
4	AE	17,4	7,5	6,9	0,71	0,33
	BvBh	18,9	5,7	5,5	0,65	0,28
	Bv	14,1	5,5	4,5	0,54	0,21
	BvC	14,9	4,4	3,5	0,22	0,08
	BvCcon	16,6	4,5	3,6	0,20	0,09
	Dg	18,6	15,3	14,3	4,14	1,53
5	AE	30,6	19,4	13,2	1,58	0,76
	BvBh	23,6	9,6	8,7	0,94	0,44
	Bv(B)	23,0	7,9	7,0	0,64	0,27
	Bv(B)C	17,6	6,9	5,2	0,46	0,19
	C	20,2	5,7	4,9	0,37	0,16

W – wilgotność chwilowa – wartość średnia z 70 pomiarów.

Obliczone w 10 cm warstwie gleby danego poziomu stosunki zapasu wody w stanie połowej pojemności wodnej do stanu kapilarnej pojemności wodnej i w stanie wilgotności trwałego wędnięcia do połowej pojemności wodnej pozwalają stwierdzić, że badane gleby wykazują lepsze właściwości retencyjne od przeciętnych, obliczonych dla gleb wykształconych z piasków luźnych i słabogliniastych w środkowej i północnej Polsce. Zapewne decyduje o tym znaczny udział frakcji pylastej w składzie chemicznym badanych gleb. Według danych wielu autorów (m.in. Musierowicza, Królowej 1962; Królowej 1966; Degórskiego 1979) w poziomach mineralnych tych gleb  $Z_{PPW}$  stanowi 0,25–0,33  $Z_{KPW}$ , w badanych glebach – 0,25–0,53, w poziomach mineralno-próchnicznych zaś – 0,46–0,54, w badanych glebach – 0,45–0,61. Stosunek  $Z_{WTW}$  do  $Z_{PPW}$  wynosi przeciętnie w glebach regionów nizinnych 0,09–0,25, w badanych glebach 0,06–0,18, wskazując na mniejsze ilości wody glebowej niedostępnej dla roślin. Jeszcze lepszymi właściwościami retencyjnymi charakteryzuje się gleba wykształcona w piaskach gliniastych mocnych (tab. 17).

Niewielką część wody glebowej stanowią jej zapasy niedostępne biologicznie, czyli najmocniej związane siłami molekularnymi z fazą stałą. W ilastym podłożu profilu 4 wynosi on 6,7 mm na 100 mm gleby, w poziomach wykształconych w piaskach gliniastych mocnych 4,1–4,2 mm na 100 mm



Ryc. 17. Rozkład maksymalnej higroskopijności w poszczególnych profilach  
Distribution of maximal hygroscopicity in various profiles

gleby, w pozostałych poziomach mineralnych zaś od 0,3 do 0,9 mm na 100 mm gleby.

Oprócz zaprezentowanych charakterystyk bardzo istotnym elementem w ocenie właściwości retencyjnych jest określenie zapasów wody glebowej w przeciętnych warunkach wilgotności naturalnej oraz odniesienie ich do polowej pojemności wodnej. Na podstawie zestawienia takich wartości dla badanych gleb stwierdzono, że poziomy glejowe profilu 1 i 2 — przez część roku zatopione, a w pozostałej części pod wpływem wody gruntowej — chara-

kteryzują się średnim rocznym zapasem wody większym od  $Z_{PPW}$ . Poziom skały macierzystej ze śladami oglejenia gruntowego (CG) w profilu 3, który jest w znacznej części roku pod wpływem wysokiego poziomu wód gruntowych, ilaste podłoże ze śladami procesów pseudoglejowych (Dg) w profilu 4 oraz poziomy mineralno-próchniczne gleb brunatnych, osiągają średnią roczną wilgotność gleby równą 0,9 PPW. Pozostałe poziomy mineralne charakteryzują się mniejszymi wartościami  $Z_{WN}$ :  $Z_{PPW}$  od 0,74 do 0,85. Określone wartości wskazują na korzystne, przeciętne warunki uwilgotnienia badanych gleb (tab. 17).

Tabela 17

Zapasy wody glebowej w różnym stanie wilgotności gleby (mm)

Profil	Poziom	$Z_{KPW}$		$Z_{PPW}$		$Z_{WN}$		$Z_{WTN}$		$Z_{UB}$		$\frac{Z_{PPW}}{Z_{KPW}}$	$\frac{Z_{WTN}}{Z_{PPW}}$	$\frac{Z_{WN}}{Z_{PPW}}$
		n	z	n	z	n	z	n	z	n	z			
1	AG	45,8	187,8	33,6	137,8	43,3	173,4	7,9	28,7	4,2	16,5	0,73	0,24	1,29
	Gor	41,8	146,3	26,5	92,8	34,1	102,2	6,8	23,8	4,1	12,2	0,63	0,26	1,29
2	Ah(B)	39,6	164,6	22,9	99,7	20,6	82,5	3,4	15,3	1,6	5,9	0,58	0,15	0,90
	Bv(B)	33,4	100,3	17,6	52,8	15,3	45,9	1,7	4,8	1,3	2,9	0,53	0,09	0,87
	Gor	31,3	137,7	15,7	69,2	17,6	70,6	1,2	5,3	0,7	3,0	0,50	0,08	1,12
	Gr	31,8	—	24,0	—	35,4	—	1,4	—	0,5	—	0,75	0,06	1,48
3	Ah(B)	28,8	128,3	15,8	71,1	13,7	58,4	2,7	12,2	0,9	4,1	0,55	0,17	0,87
	BvAk(B)	23,5	35,3	11,4	17,1	8,4	12,7	1,0	1,0	0,6	0,9	0,49	0,09	0,74
	Bv(B)	19,7	108,3	9,2	50,6	6,9	37,9	0,8	4,4	0,5	2,8	0,47	0,09	0,75
	Bv(B)C	20,2	101,1	7,6	38,0	5,8	26,1	0,5	2,6	0,3	1,6	0,38	0,06	0,76
	CG	20,9	—	8,3	—	7,4	—	0,9	—	0,6	—	0,40	0,10	0,89
4	AE	28,5	28,5	12,8	12,8	11,3	11,3	1,9	1,9	1,1	1,1	0,45	0,15	0,88
	BvBh	29,0	34,8	9,5	11,4	9,3	11,2	1,7	2,0	1,0	1,2	0,33	0,18	0,81
	Bv	23,1	80,9	9,0	31,5	7,3	21,8	1,3	4,6	0,8	2,8	0,39	0,15	0,81
	BvC	25,5	191,3	7,6	57,0	6,0	47,6	0,7	5,3	0,5	3,7	0,30	0,09	0,79
	BvCcon	28,2	70,5	7,7	19,3	6,2	15,5	0,5	1,3	0,3	0,8	0,25	0,06	0,80
	Dg	33,3	—	27,2	—	25,6	—	11,1	—	6,7	—	0,82	0,41	0,94
5	AE	39,3	39,9	23,9	23,9	16,3	16,3	2,9	2,9	1,5	1,5	0,61	0,12	0,68
	BvBh	35,5	67,5	14,5	27,5	13,1	24,9	2,2	4,0	1,2	2,3	0,40	0,15	0,90
	Bv(B)	34,7	59,0	12,0	20,4	10,5	17,9	1,5	2,6	0,9	1,5	0,35	0,11	0,88
	Bv(B)C	29,6	301,9	11,6	118,3	8,7	88,5	1,2	12,2	0,7	7,1	0,39	0,08	0,75
	C	32,2	—	9,2	—	7,8	—	0,9	—	0,5	—	0,29	0,10	0,85

n – średni zapas w 10 cm warstwie gleby danego poziomu genetycznego; z – suma zapasu wody w danym poziomie genetycznym

### Właściwości chemiczne i fizykochemiczne

Wszystkie badane gleby charakteryzują się niskimi wartościami pH. W poziomach mineralno-próchnicznych gleb automorficznych wartości pH wahają się od 4,3 do 4,8 wskazując na silnie kwaśny lub kwaśny odczyn. Jedynie poziom akumulacyjno-próchniczny mady ma odczyn słabo kwaśny (pH – 6,4). Wraz z głębokością obserwuje się wzrost pH do wartości 5,2 – 5,6,

a w poziomach ze stwierdzoną śladową obecnością węglanów i stałym kontakcie z wodami gruntowymi do wartości 6,3–6,8. Obecność węglanów stwierdzono tylko śladowo w skałach macierzystych badanych gleb, najwięcej około 0,2% w ilastym podłożu profilu 4.

Zawartości węgla i azotu są stosunkowo niskie i zmniejszają się wraz ze wzrostem głębokości. Najwyższe występują na kontakcie próchnicy nadkładowej z mineralną częścią gleby i wynoszą od C = 2,62 i N = 0,46 w madzie, do C = 4,44 i N = 0,45 w glebie brunatnej gruntowo-glejowej. Stosunek C:N kształtuje się w powierzchniowych poziomach genetycznych (poza glebą rdzawą właściwą i brunatną bielcowaną) poniżej 10, co wskazuje na zaawansowane procesy humifikacji substancji organicznej (tab. 18, 22).

Wszystkie spośród badanych gleb wykazują kwasowość wymienną powodowaną głównie przez wymienny glin. W mineralno-próchnicznych poziomach genetycznych gleb automorficznych osiąga najwyższe wartości od 1,9 do 2,7 me/100 g gleby. W poszczególnych profilach maleje ze wzrostem głębokości, zmniejszając się skokowo na przejściu pomiędzy poziomami mineralno-próchnicznymi a mineralnymi. Bardzo małą kwasowością wymienną, o wyrównanym udziale jonów wodoru i glinu, charakteryzują się poziomy glejowe

Tabela 18

## Właściwości chemiczne

Profil	Poziom	pH <sup>a</sup>	C	N	C:N	CaCO <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	H <sup>+</sup>	Al <sup>+++</sup>	H <sub>w</sub>	S <sub>o</sub>	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	Fe <sup>+++</sup>
		H <sub>2</sub> O	(%)	(%)		(%)	(mg/ 100 g)	(me/ 100 g)	(me/ 100 g)	(mg/ 100 g)	(me/ 100 g)		
1	AG	6,4	2,33	0,46	5,1	0,06	1,0	0,06	0,17	0,23	2,90	1,09	4,42
	Gor	6,8	0,95	0,34	2,8	0,11	0,7	0,02	0,03	0,05	1,65	0,75	5,51
2	Ah(B)	4,4	1,36	0,22	6,2	0,00	0,4	0,22	2,02	2,24	1,50	1,15	1,15
	Bv(B)	4,5	0,22	0,06	3,7	0,00	0,3	0,10	1,48	1,58	0,85	0,67	1,14
	Gor	5,8	0,07	0,03	2,3	0,00	0,2	0,06	0,26	0,32	0,74	0,51	1,23
	Gr	6,3	0,04	0,02	2,0	0,08	2,6	0,05	0,07	0,12	0,70	0,42	2,56
3	Ah(B)	4,3	1,39	0,27	5,2	0,00	0,8	0,23	2,50	2,73	1,00	0,90	0,94
	BvAk(B)	4,8	0,72	0,18	4,0	0,00	0,4	0,10	1,62	1,72	0,65	0,54	1,42
	Bv(B)	5,2	0,11	0,05	2,2	0,00	0,4	0,08	0,52	0,60	0,47	0,31	1,10
	Bv(B)C	5,5	0,06	0,03	2,0	0,00	0,4	0,08	0,31	0,39	0,32	0,23	0,76
	CG	5,7	0,12	0,05	2,4	0,00	0,4	0,07	0,34	0,41	0,21	0,09	0,54
4	AE	4,4	1,41	0,09	15,7	0,00	1,3	0,22	1,68	1,90	1,20	0,57	1,26
	BvBh	4,8	0,27	0,05	5,4	0,00	2,3	0,12	1,22	1,34	0,83	0,54	1,69
	Bv	4,9	0,13	0,05	2,6	0,00	2,5	0,08	0,60	0,68	0,74	0,65	1,35
	BvC	5,0	0,06	0,03	2,0	0,00	2,4	0,07	0,40	0,47	0,62	0,43	0,97
	BvCcon	5,3	0,01	0,02	0,5	0,00	2,0	0,06	0,47	0,53	0,40	0,21	0,85
	Dg	6,6	0,16	0,01	16,0	0,20	4,4	0,09	1,06	1,15	1,45	0,28	1,22
5	AE	4,3	2,00	0,23	8,7	0,00	1,6	0,29	2,15	2,44	1,20	0,98	1,90
	BvBh	4,6	0,55	0,27	2,0	0,00	6,5	0,15	2,07	2,22	0,75	0,74	2,41
	Bv(B)	4,8	0,21	0,10	2,1	0,00	3,7	0,12	1,31	1,43	0,70	0,61	2,18
	Bv(B)C	4,9	0,07	0,07	1,0	0,00	1,1	0,07	0,97	1,04	0,62	0,43	1,40
	C	5,2	0,03	0,04	0,8	0,01	0,8	0,06	0,44	0,50	0,36	0,19	0,54

<sup>a</sup> Wartości pH<sub>H<sub>2</sub>O</sub> zmierzone przy przeciętnych warunkach higrtermicznych w badanych ekosystemach.

semihydrycznej mady (profil 1) oraz poziom glejowy gleby brunatnej (profil 2).

Właściwości sorpcyjne analizowanych gleb pozostają w ścisłej zależności ze składem granulometrycznym, a głównie z zawartością części spławialnych w materiale litologicznym budującym dany poziom genetyczny, jak i innymi właściwościami chemicznymi, np. zawartością substancji organicznej. Współczynniki korelacji określone pomiędzy tymi wielkościami dla wszystkich poziomów genetycznych (z wyłączeniem ilastego podłoża w profilu 4) przedstawiono w tabeli 19.

Tabela 19

Zależności (korelacje) pomiędzy właściwościami sorpcyjnymi badanych gleb a zawartością w nich części spławialnych i zawartością węgla organicznego

Cechy glebowe	Właściwości sorpcyjne		
	<i>T</i>	<i>S</i>	<i>V</i>
Części spławialne	0,644	0,861	0,626
C org	0,958	0,725	0,657

Najmniejszą pojemnością sorpcyjną charakteryzują się mineralne poziomy wytworzone w piaskach luźnych i słabogliniastych gleb automorficznych (2,3 me/100 g gleby), świadczy to o tym, że mineralną część profili cechują małe lub średnie zdolności sorpcyjne. Wyższe wartości pojemności sorpcyjnej odnotowano w poziomach mineralno-próchnicznych (11,1 – 12,7 me/100 g gleby), a w poziomie akumulacyjno-próchnicznym mady (16,6 me/100 g gleby). Według klasyfikacji M. Lityńskiego (1971) odpowiada to glebom o bardzo silnych zdolnościach sorpcyjnych.

Wysycenie kompleksu sorpcyjnego poszczególnymi kationami jest różne i zależy od głębokości (poziomu), a także procesów glebotwórczych, które zachodzą w danym ekosystemie. We wszystkich glebach automorficznych przeważa wymienny wodór, a jego udział w kompleksie sorpcyjnym maleje wraz ze wzrostem głębokości. W glebach brunatnych (profile 2, 3, 5), największą zawartość jonów wodorowych w stosunku do innych kationów zanotowano w poziomie brunatnienia (*B*), a nie w mineralno-próchnicznym *Ah*. Jedną z przyczyn takich proporcji w zawartości wymiennych kationów w kompleksie sorpcyjnym gleb brunatnych jest wpływ ściółki typu mull na wzbogacenie powierzchniowych poziomów w kationy zasadowe. W profilu 5 na wzrost kwasowości hydrolitycznej w omawianych poziomach, dodatkowo może wpływać następujący obecnie proces bielicowania (tab. 20).

Stopień nasycenia kompleksu sorpcyjnego gleb kationami o charakterze zasadowym większy jest o około 70% w glebach brunatnoziemnych (*V* do 38,1%), aniżeli w bielicoziemnych (*V* do 25,6%). W glejowych poziomach mady oraz gleby brunatnej gruntowo-glejowej  $V = 60,4 - 73,5\%$ .

Gleby automorficzne charakteryzują się również małymi sumami kationów zasadowych. Wyjątek stanowi gleba brunatna gruntowo-glejowa (profil 2), w której wartość sumy wyższa jest od 2 me/100 g gleby. W pozostałych glebach nie przekracza 1,2 – 1,6 me/100 g gleby w poziomach mineral-

## Właściwości sorpcyjne

Profil	Poziom	$H_h$	$Ca^{++}$	$Mg^{++}$	$K^+$	$Na^+$	$S$	$T$	$V_s$	Ca:Mg	M:K	$\frac{Ca+Mg}{K+Na}$	$\frac{Ca+Mg}{T}$	
												(me/100 g gleby)		
1	AG	5,85	9,53	0,83	0,100	0,093	10,55	16,40	64,3	11,5	8,3	53,7	63,2	
	Gor	2,05	5,94	0,43	0,050	0,061	6,48	8,53	76,4	13,8	8,6	57,4	74,7	
2	Ah(B)	9,90	2,17	0,43	0,145	0,051	2,80	12,70	21,7	5,1	3,0	13,3	20,4	
	Bv(B)	4,23	0,75	0,15	0,043	0,043	0,99	5,22	19,0	5,0	3,5	10,5	17,2	
	Gor	4,25	1,04	0,21	0,039	0,045	1,33	3,58	37,2	5,0	5,4	14,9	34,9	
	Gr	1,70	2,43	0,37	0,071	0,057	2,93	4,63	63,3	6,6	5,2	21,9	60,5	
3	Ah(B)	10,88	1,07	0,22	0,094	0,043	1,43	12,31	11,6	4,9	2,3	9,4	10,5	
	Bv													
	Ak(B)	5,57	0,54	0,12	0,042	0,037	0,74	6,31	11,8	4,5	2,9	8,4	10,5	
	Bv(B)	3,12	0,72	0,15	0,038	0,036	0,94	4,06	23,1	4,8	3,9	11,8	21,4	
	Bv(B)C	2,38	0,57	0,11	0,031	0,035	0,75	3,13	24,0	5,2	3,5	10,3	21,7	
	CG	1,48	0,53	0,10	0,045	0,034	0,71	2,19	32,4	5,3	2,2	8,0	28,8	
4	AE	9,69	0,87	0,24	0,140	0,047	1,30	10,99	11,8	3,6	1,7	5,6	10,1	
	BvBh	4,48	0,34	0,10	0,061	0,035	0,54	5,02	10,8	3,4	1,6	4,6	8,8	
	Bv	2,63	0,25	0,09	0,042	0,037	0,42	3,05	13,8	2,8	2,1	4,3	11,1	
	BvC	2,06	0,29	0,08	0,039	0,035	0,44	2,50	17,6	3,6	2,3	5,0	14,8	
		con	1,94	0,44	0,12	0,056	0,035	0,65	2,59	25,1	3,7	2,1	6,2	21,6
		Dg	3,00	3,52	0,69	0,141	0,053	4,40	7,40	59,4	5,1	4,9	21,7	56,9
5	AE	9,66	1,10	0,25	0,217	0,048	1,62	11,27	14,4	4,4	1,2	5,1	12,0	
	BvBh	6,62	0,33	0,11	0,080	0,041	0,56	7,18	7,8	3,0	1,4	3,6	6,1	
	Bv(B)	4,56	0,29	0,09	0,056	0,036	0,47	5,03	9,3	3,2	1,6	4,1	7,6	
	Bv(B)C	2,74	0,31	0,10	0,048	0,035	0,49	3,23	15,2	3,1	2,1	4,9	12,7	
	C	1,63	0,57	0,20	0,044	0,035	0,85	2,48	34,3	2,9	4,5	9,7	31,0	

no-próchnicznych i około 1 me/100 g gleby w głębszych partiach profili (tab. 20). Analizując zawartość poszczególnych kationów zasadowych w kompleksach sorpcyjnych, stwierdzono że najwięcej jest wymiennego wapnia, niezależnie od głębokości, składu mechanicznego i właściwości fizykochemicznych gleb (tab. 21). Udział pozostałych z badanych kationów jest mniejszy od  $Ca^{++}$ . Można przedstawić go następująco:  $Ca^{++} > Mg^{++} > K^+ > Na^+$ . Uzyskane uporządkowanie zgodne jest z siłą adsorpcji poszczególnych jonów przez związki próchniczne (Scheffer, Schachtschabel 1965), co może wskazywać, że najważniejszą substancją są związki próchniczne. Hipotezę tę potwierdza również wysoka statystycznie istotna zgodność pomiędzy zawartością próchnicy wyrażoną C ogółem a zawartością poszczególnych kationów dwuwartościowych ( $r > 0,7$ ). Na udział kationów zasadowych w kompleksie sorpcyjnym wpływ wywierała także zawartość iltu koloidalnego. Wartość współczynnika korelacji uzyskana na podstawie porównania rozkładu tych cech glebowych z zawartością jonów wymiennego magnezu i wymiennego wapnia wynosiła 0,5–0,6; nie odbiegała od wartości przeciętnych dla gleb wykształconych z piasków na terenie Nizy Polskiego (Kęпка 1968; Czuba, Zaniuk 1968).



Tabela 21

Procentowy udział kationów wymiennych w kompleksie sorpcyjnym

Profil	Poziom	$H_h$	$Ca^{++}$	$Mg^{++}$	$K^+$	$Na^+$
1	AG	35,67	58,10	5,06	0,61	0,57
	Gor	24,03	69,64	5,04	0,59	0,72
2	Ah(B)	77,95	17,09	3,39	1,15	0,41
	Bv(B)	81,03	14,37	2,87	0,82	0,82
	Gor	62,85	29,05	5,87	1,09	1,26
	Gr	36,72	52,48	7,99	1,55	1,25
3	Ah(B)	88,38	9,83	1,79	0,76	0,35
	BvAk(B)	88,27	8,56	1,90	0,67	0,59
	Bv(B)	76,85	7,73	3,69	0,94	0,89
	Bv(B)C	76,04	18,33	3,51	0,99	1,12
	CG	67,58	24,25	4,57	2,05	1,55
4	AE	88,17	7,95	2,18	1,27	0,43
	BvBh	89,24	6,89	1,99	1,21	0,70
	Bv	86,23	8,20	2,98	1,38	1,21
	BvC	82,20	11,60	3,20	1,56	1,44
	BvCcon	74,87	16,99	4,63	2,16	1,35
	Dg	40,52	47,54	9,32	1,91	0,72
5	AE	85,66	9,76	2,22	1,93	0,43
	BvBh	92,16	4,60	1,53	1,14	0,57
	Bv(B)	90,61	5,77	1,79	1,11	0,72
	Bv(B)C	84,73	9,60	3,10	1,49	1,08
	C	65,73	22,98	8,09	1,79	1,41

Bardzo istotnym zagadnieniem w ekologicznej analizie biotopów są proporcje pomiędzy zawartością poszczególnych kationów w kompleksie sorpcyjnym. Od nich zależy bowiem wiele procesów zachodzących w glebie np. przechodzenie kationów do roztworu glebowego (Sanik, Porhins, Schrenk 1952), przyswajalność kationów przez rośliny (Mechlich, Colwell 1943; Allaway 1945), „uwsteczanie” potasu (Overstreet, Jasobson, Handley 1952; Jasobson, Overstreet, Handley 1950), czy odporność gleb na działanie czynników zewnętrznych (Ulrich i in. 1984). W badanych glebach wśród kationów o charakterze zasadowym dominują kationy dwuwartościowe ( $Ca^{++}$ ,  $Mg^{++}$ ), a więc o wyższej zdolności wymiennej. W poziomach mineralno-próchnicznych udział kationów dwuwartościowych w ogólnej sumie kationów o charakterze zasadowym wynosi od 98,3% w madzie do 83,3% w bielcowanej glebie brunatnej. Zawartość pozostałych jonów zasadowych w pojemności sorpcyjnej analizowanych gleb nie przekracza 4% (tab. 21). Wzajemne proporcje pomiędzy poszczególnymi kationami mają następujący przebieg: stosunek  $Ca^{++} : Mg^{++}$  wynosi około 11,5–14% w madzie próchnicznej i ulega zawężeniu do około 5–6% w glebie brunatnej gruntowo-glejowej, osiągając najwęższy stosunek w glebie brunatnej bielcowanej – około 3–4%, stosunek  $Mg^{++}$  do  $K^+$  wynosi odpowiednio od około 8,5% w madzie do około 1–2% w glebie brunatnej wylugowanej. Szczegółowy rozkład relacji pomiędzy badanymi kationami w poszczególnych profilach przedstawiono w tabeli 20.

F. Scheffer i P. Schachtschabel (1965) ustalili najbardziej korzystne dla rozwoju roślin (głównie uprawnych) właściwości sorpcyjne gleb, jak: pojemność sorpcyjna, udział poszczególnych kationów wymiennych i stopień nasycenia kompleksu sorpcyjnego jonami zasadowymi. Uzupełnieniem takich danych dla zbiorowisk leśnych jest praca K. A. Armsona (1977). Porównując otrzymane rezultaty z wynikami przedstawionymi w cytowanych pracach należy stwierdzić, że najlepszymi właściwościami sorpcyjnymi dla rozwoju roślinności lasów liściastych, odbiegającymi tylko w około 10–15% od warunków optymalnych, charakteryzuje się mada próchniczna, następnie gleba brunatna gruntowo-glejowa i brunatna wylugowana, gleba bielicoziemna i gleba brunatna bielcowana. Gleba łągu jesionowo-olszowego posiada również wysoką odporność na działanie czynników zewnętrznych (antropogenicznych) – war-

tość wskaźnika Ulricha  $\left(\frac{Ca^{++}Mg^{++}}{T}\right) > 50$ . Średnią odpornością charakteryzuje się gleba brunatna gruntowo-glejowa – wskaźnik Ulricha osiąga wartość od 15 do 50. Pozostałe gleby automorficzne charakteryzują się niską odpornością – wartość wskaźnika  $< 15$ .

W celu pełniejszej charakterystyki chemicznej badanych gleb określono zawartość innych makropierwiastków, mających wpływ na prawidłowy rozwój szaty roślinnej jak: fosfor, żelazo, siarka.

Stężenie fosforu wyrażono zawartością  $P_2O_5$ , która w analizowanych glebach nie jest wysoka. Największą zawartością fosforu charakteryzuje się gleba brunatna bielcowana (6,5 mg/100 g gleby), następnie gleba rdzawa i mada próchniczna (tab. 18). Pionowy rozkład  $P_2O_5$  w profilach jest nierównomierny i cechuje się spadkiem wartości wraz ze wzrostem głębokości. W glebach z zaznaczającym się morfologicznie procesem wymywania, podwyższoną zawartość fosforu zaobserwowano w poziomach iluwialnych.

Określając zawartość żelaza, ograniczono się tylko do najbardziej dynamicznej (ruchomej) formy żelaza wolnego występującego w postaci kationowej. Zawartość jego w badanych glebach waha się od 4,42 me/100 g gleby w poziomie akumulacyjno-próchnicznym mady do 0,54 me/100 g gleby w piaskowych skałach macierzystych. Wielkości te według klasyfikacji K. Koneckiej-Betley (1968) charakteryzują siedliska średnio zasobne w żelazo – w przypadku gleb automorficznych i zasobne – w przypadku gleby semihydrycznej. W pionowym rozkładzie ruchomego żelaza w poszczególnych profilach stwierdzono, że największa jego zawartość jest w poziomach glejowych. Jedną z głównych przyczyn wzbogacenia tych poziomów w związki żelaza, są procesy oksy-redukcyjne. Pewien wpływ wywierać również może występująca na badanym obszarze duża zasobność wód gruntowych w Fe (Wicik 1972). Wysoka wilgotność poziomów glejowych wpływa natomiast na przechodzenie żelaza wolnego w formy bardziej labilne. W pozostałych poziomach genetycznych, pionowe rozmieszczenie ruchomych form żelaza uzależnione jest od procesów morfogenetycznych kształtujących dany typ gleby i związanych z nim właściwości, jak: jakościowa i ilościowa zawartość związków próchnicznych, udział frakcji ilastej, pojemność sorpcyjna, odczyn (Wittig, Page 1961; Duchaufour 1964; Duchaufour, Souchier 1965; Konecka-Betley 1968; Białousz 1978). W madzie obserwuje się nagromadzenie form żelaza ruchomego

w poziomie akumulacyjno-próchnicznym i utrudnioną jego migrację w głąb profilu (wysokie pH, znaczne nasycenie kompleksu sorpcyjnego kationami o charakterze zasadowym). Podobnie w glebie brunatnej gruntowo-glejowej główna akumulacja jonów żelaza występuje w poziomie mineralno-próchnicznym. W profilu tym zaobserwowano również podsiąk kapilarny, powodujący wzbogacenie w związki żelaza poziomów położonych powyżej glejowego. W wylugowanej glebie brunatnej, rdzawej właściwej oraz brunatnej bielcowanej (profile 3–5) zawartość żelaza ruchomego jest najwyższa. W profilach tych zaznacza się przemieszczanie i akumulacja jonów żelaza z poziomów mineralno-próchnicznych do poziomu brunatnienia ze słabymi cechami iluwialnymi (profil 3) i poziomów iluwialnych (profil 4–5). Wzrost zawartości  $Fe^{++}$  w poziomach iluwialnych jest następstwem postępującego procesu bielcowania.

W analizowanych glebach stwierdzono dostateczną do rozwoju roślin ilość siarki naturalnej. Przyjmując za W. Dijkshorem, J. Lampe i P. Van Burgiem (1960), że minimalne zaopatrzenie w siarkę dla roślin jest wówczas, gdy stosunek S do N wynosi w glebie 0,027, to wszystkie badane gleby spełniają ten warunek. W pionowym rozkładzie zawartość siarki ogółem oraz siarki siarczanowej maleje wraz ze wzrostem głębokości (tab. 18). W glebach charakteryzujących się lepszymi właściwościami sorpcyjnymi (brunatnoziemne), wraz ze wzrostem głębokości wzrasta również procentowy udział  $SO_4^{-2}$  w stosunku do ogólnej zawartości siarki, gdy gleby bielicoziemne charakteryzują się większą akumulacją powierzchniową tych jonów. Wielu gleboznawców wzmogoną akumulację siarki siarczanowej w powierzchniowych poziomach ubogich gleb wiąże z sorpcją przez próchnicę, szczególnie przez fulwokwasy przy niskim odczynie gleby (Kamprath, Nelson, Pitts 1956; Koter, Grzesiuk, Chodeń 1963; Williams, Steinbergs 1964). Zagadnieniom dynamiki różnych form siarki w badanych glebach została poświęcona inna praca autora (Degórski 1987).

### Formy związków próchnicznych

Analiza substancji organicznych dowiodła istnienia różnic pod względem zawartości poszczególnych swoistych form związków próchnicznych w poziomach akumulacyjno-próchnicznych badanych gleb. Ogólna zawartość próchnicy, wyrażona ogólną zawartością węgla (C) w strefie stropowej poziomów akumulacyjno-próchnicznych waha się od 2,6% w glebie siedliska łęgowego (mąda próchniczna) do 4,4% w glebie grądu żyznego (brunatna gruntowo-glejowa). Zróżnicowanie to nie jest jednak bardzo silne. Według klasyfikacji H. Uggli i Z. Uggli (1979) wszystkie badane gleby zaliczyć można do średnio-próchnicznych. Najniższe wartości C w glebach siedliska świetlistej dąbrowy oraz łągu (tab. 18 i 22) są następstwem wysokiego tempa mineralizacji i humifikacji związków organicznych, o czym świadczy niski stosunek C:N (ok. 5) oraz wysoki stopień humifikacji (75–90%). W glebach tych jednoznacznie przeważa udział frakcji związanej nad wolną oraz więcej jest humin i kwasów huminowych niż w pozostałych badanych glebach. Wskazuje to, że ewolucja substancji organicznej w glebach siedlisk łągu i świetlistej dąbrowy jest znaczniejsza w porównaniu z glebami bielicoziemnymi. Należy jednak

Tabela 22

Właściwości chemiczne powierzchniowej części poziomów akumulacyjno-próchnicznych

Profil	C <sub>o</sub> (%)	N <sub>o</sub> (%)	C:N	C <sub>KF</sub> :C gleby (%)	Fe <sub>w</sub> (%)	Fe <sub>w</sub> :C <sub>KF</sub> (mg/g)
1	2,621	0,46	5,7	0,369	0,97	2628
2	4,443	0,45	9,9	0,482	0,50	1082
3	3,135	0,37	8,5	0,401	0,42	1047
4	3,626	0,14	25,9	0,540	0,20	370
5	2,792	0,25	11,2	0,246	0,30	1219

zaznaczyć, że we wszystkich badanych glebach stosunek kwasów huminowych do fulwowych jest mniejszy od jedności, co w klasyfikacji N. Kononowej (1968) odpowiada pierwszemu typowi próchnicy, charakteryzującemu się niewielkim stopniem kondensacji pierścieni aromatycznych (tab. 24a).

We wszystkich poziomach akumulacyjno-próchnicznych badanych gleb stwierdzono również w obydwu frakcjach obecność kwasów huminowych uwalnianych w wyniku II i III ekstrakcji, które w sumie przeważają nad związkami uwalnianymi w I ekstrakcji. Wskazuje to na polimeryzację brunatnych kwasów huminowych, która doprowadza do powstawania pewnej ilości kwasów huminowych o większej drobnie, tak zwanych szarych kwasów huminowych. Polimeryzację związków organicznych w warunkach odczynu kwaśnego w siedliskach można wyjaśnić wpływem uwolnionych form związków żelaza na próchnicę. Według badań S. Bruckerta, M. Metcha (1972) oraz F. Kuźnickiego i in. (1978) przemiany substancji organicznej w glebach zależą w dużym stopniu od stosunku wolnego żelaza do węgla kwasów fulwowych. Niskie wartości tej zależności charakteryzują stosunki, w których pewne ilości wolnego żelaza warunkują dynamikę przemieszczeń ruchliwych kompleksowych połączeń próchniczno-mineralnych (gleby bielicoziemne). Wartości najwyższe są też charakterystyczne dla warunków, w których po przekroczeniu pewnej granicy nadmiar wolnego żelaza wpływa stabilizująco na te połączenia (mada próchnicza, gleby brunatnoziemne). Pełną charakterystykę stosunków pomiędzy poszczególnymi związkami próchnicznymi w kolejnych ekstrakcjach przedstawiono w tabelach 22, 23, 24 i 24a.

Tabela 23

Procentowy udział węgla w poszczególnych frakcjach

Nr próbki	Waga w stosunku do próbki wyjściowej		C ogółem	Zawartość C w stosunku do gleby		Ogółem	
	fr. lekka	fr. ciężka		fr. lekka	fr. ciężka	fr. lekka	fr. ciężka
I	4,71	95,29	2,621	1,010	1,611	38,5	61,5
II	15,43	85,57	4,443	2,741	1,702	61,7	38,3
III	6,38	93,62	3,135	1,704	1,431	54,3	45,7
IV	10,84	89,16	3,626	3,043	0,583	84,0	16,0
V	1,93	98,06	2,792	0,391	2,401	14,0	86,0

Tabela 24

Zawartość różnych form związków organicznych w poszczególnych frakcjach substancji organicznej

Nr próbki	C ogółem w %	Podział C poszczególnych frakcji w procentach C ogółem											
		frakcja lekka					frakcja ciężka						
		I ekstrakcja		II ekstrakcja		R	I ekstrakcja		II ekstrakcja		III ekstrakcja		huminy (H)
F <sub>1</sub>	H <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>	H <sub>2</sub>	F <sub>3</sub>	H <sub>3</sub>		F <sub>4</sub>	H <sub>4</sub>	F <sub>5</sub>	H <sub>5</sub>			
I	2,621	4,2	0,3	5,2	4,6	24,2	4,0	1,5	1,0	1,3	0,7	4,7	48,3
II	4,443	6,7	0,9	0,9	2,0	51,2	2,1	1,0	0,4	0,6	0,6	1,9	31,7
III	3,135	3,6	0,4	4,7	2,8	32,8	3,4	0,6	0,9	1,8	0,2	4,1	34,7
IV	3,626	6,7	0,6	5,7	4,7	66,3	1,2	1,1	0,3	0,5	1,0	1,1	10,8
V	2,792	1,9	0,4	1,4	1,2	9,1	3,7	1,9	1,1	0,2	0,7	2,3	76,1

Tabela 24a

Zawartość różnych form związków organicznych we frakcjach oraz wartości charakteryzujące humifikację

C ogółem w %	C kwasów fulwowych, huminowych humin w C ogółem (w %)					Stosunek C <sub>k</sub> :C <sub>f</sub>	Stopień humifikacji	Zawartość C poszczególnych frakcji w stosunku do gleby (w %)					
	frakcja lekka		frakcja ciężka					frakcja lekka			frakcja ciężka		
	F <sub>1</sub> + F <sub>2</sub>	H <sub>1</sub> + H <sub>2</sub>	F <sub>3</sub> + F <sub>4</sub> + F <sub>5</sub>	H <sub>3</sub> + H <sub>4</sub> + H <sub>5</sub>	huminy (H)			R	F <sub>1</sub> + F <sub>2</sub>	H <sub>1</sub> + H <sub>2</sub>	F <sub>3</sub> + F <sub>4</sub> + F <sub>5</sub>	H <sub>3</sub> + H <sub>4</sub> + H <sub>5</sub>	huminy
2,621	9,4	4,9	5,7	7,5	48,3	0,82	75,8	0,633	0,246	0,131	0,150	0,195	1,266
4,443	7,6	2,9	3,1	3,5	31,7	0,60	48,8	2,274	0,339	0,128	0,142	0,149	1,411
3,135	8,3	3,2	4,5	6,5	34,7	0,76	67,2	1,342	0,262	0,100	0,140	0,204	1,087
3,626	12,4	5,3	2,5	2,7	10,8	0,54	33,7	2,400	0,451	0,192	0,087	0,100	0,396
2,792	3,3	1,6	5,5	4,4	76,1	0,68	90,7	0,254	0,092	0,045	0,100	0,175	2,126

## DYNAMIKA WYBRANYCH WŁAŚCIWOŚCI GLEB

## WILGOTNOŚĆ (W)

## Zmienność czasowa

W okresie badań wilgotność charakteryzowała się znaczną zmiennością czasową. Współczynnik zmienności dla trzyletniej serii pomiarów wynosił od około 50% w poziomach akumulacyjno-próchnicznych do kilkunastu procent w spągowych poziomach gleb (tab. 25). Znacznie mniejsze różnice w rozkładzie wilgotności wystąpiły pomiędzy cyklami rocznymi przebiegu zjawisk. Współczynnik zmienności obliczony na podstawie średnich wartości wilgotności w poszczególnych latach wynosił od około 17–20%, w warstwach powierzchniowych gleb, do kilku procent w poziomie skał macierzystych (tab. 25).

We wszystkich analizowanych glebach najwyższą wilgotność stwierdzono w 1981 r., a następnie w kolejnych latach badań stopniowe jej obniżanie się.

Wartości współczynnika zmienności wilgotności w latach 1981–1983 oraz średnie różnice pomiędzy poszczególnymi latami obserwacji

Profil	Poziom	Głębokość (cm)	$V_z$	Średnie w latach:				Zróżnicowanie pomiędzy latami	
				1981	1982	1983	$\bar{m}$	(%)	$V_z$
1	AG	10	20,9	53,7	48,8	37,8	46,8	29,6	17,4
	Gor	50	15,5	48,8	43,4	37,1	43,1	22,7	13,6
2	Ah(B)	10	50,6	23,8	15,8	18,2	22,6	23,5	17,4
	Bv(B)	50	38,3	20,3	16,8	13,0	16,7	36,0	21,9
	Gor	80	55,6	21,6	20,7	12,6	18,3	41,6	27,1
	Gr	120	15,2	39,4	33,9	35,3	36,2	14,0	7,8
3	Ah(B)	10	46,8	17,6	15,2	11,4	14,7	35,2	21,3
	BvAk(B)	50	37,0	9,4	9,0	7,7	8,7	18,0	10,2
	Bv(B)	80	37,3	7,3	8,0	6,0	7,1	27,4	14,3
	Bv(B)c	120	42,7	7,2	6,4	4,4	6,0	36,1	24,0
	CG	170	53,4	9,5	9,3	7,4	8,7	22,1	12,6
4	AE	10	48,2	13,1	12,0	9,2	11,4	29,8	17,6
	BvBh	20	38,1	10,6	9,6	8,0	9,4	24,5	14,0
	Bv	40	32,8	8,5	7,6	6,2	7,4	27,0	15,7
	BvC	100	40,8	6,6	6,6	5,2	6,1	21,2	13,3
	BvCcon	140	35,0	6,6	6,8	6,7	6,7	3,0	1,5
	Dg	170	13,3	26,6	29,1	28,4	28,1	9,4	4,6
5	AE	10	52,8	17,4	18,3	13,1	16,3	29,9	17,0
	BvBh	20	43,6	13,7	14,5	10,8	13,0	27,0	15,0
	Bv	40	34,8	11,4	11,0	9,3	10,6	18,4	10,5
	Bv(B)C	80	42,3	11,1	9,2	7,5	9,3	32,4	19,4
	C	150	38,3	8,9	9,1	6,8	8,3	25,8	15,3

Zmiany te wykazywały tendencję prowadzącą do przesuszenia gleb (ryc. 18). Niezależnie od kierunku zmian wywołanych warunkami higrotermicznymi, które panowały w okresie badań, w każdym roku istniała sezonowa powtarzalność zjawisk wodnych w glebach (ryc. 19). Na jej podstawie wyróżnić można pięć okresów charakteryzujących się odmiennym typem gospodarki wodnej i kształtowaniem się wilgotności w ciągu roku (ryc. 20):

– okres późnojesiennie-zimowy (XI–I) – wzrost wilgotności gleby (szczególnie w przypowierzchniowych poziomach genetycznych) powodowany infiltracją wód opadowych;

– okres przedwiosenny (II–III) – najsilniejsze uwilgotnienie gleby w całym profilu spowodowane zarówno sływem grawitacyjnym wód ablacyjnych, jak i podsiąkiem kapilarnym wód gruntowych, a w glebach: semihydrycznej i automorficznych oglejonych – podtopieniem spągowych poziomów genetycznych;

– okres wiosenny (IV–VI) – szybki spadek wilgotności gleb wywołany wzmożoną ewapotranspiracją oraz odpływem grawitacyjnym;

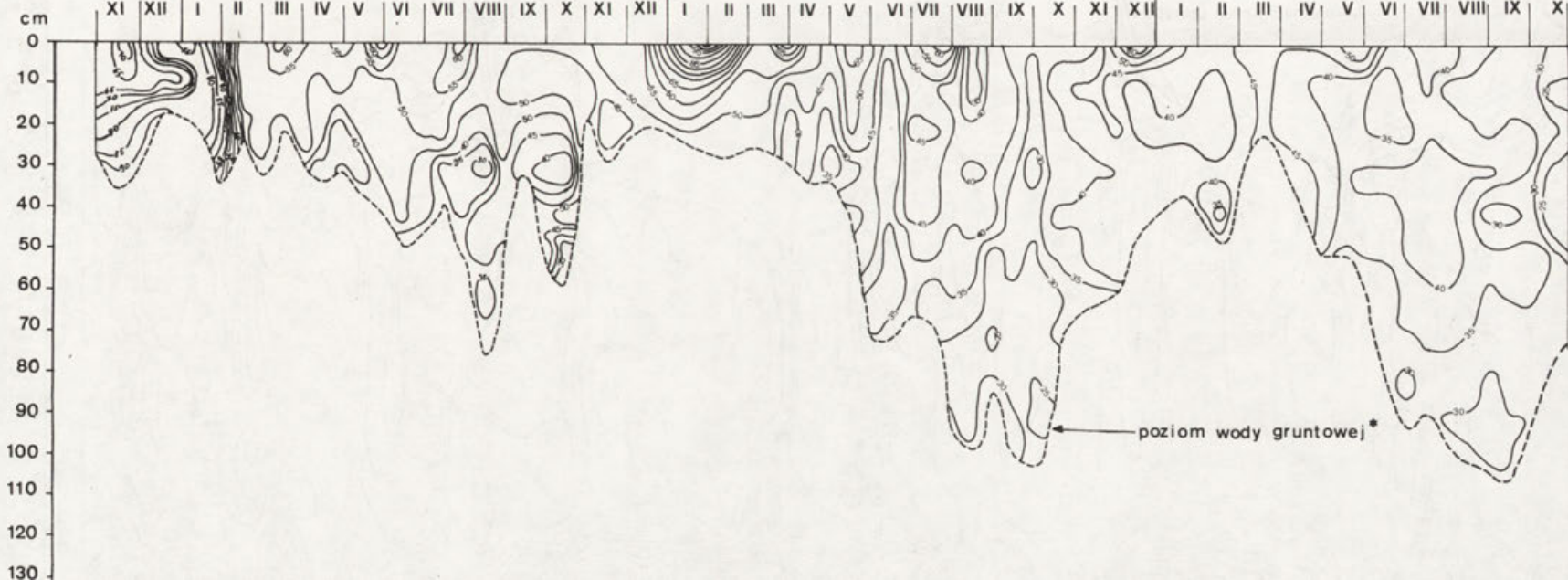
– okres letni (VII) – wzrost wilgotności w powierzchniowych warstwach

**Profil 1**  
**1980**

**1981**

**1982**

**1983**

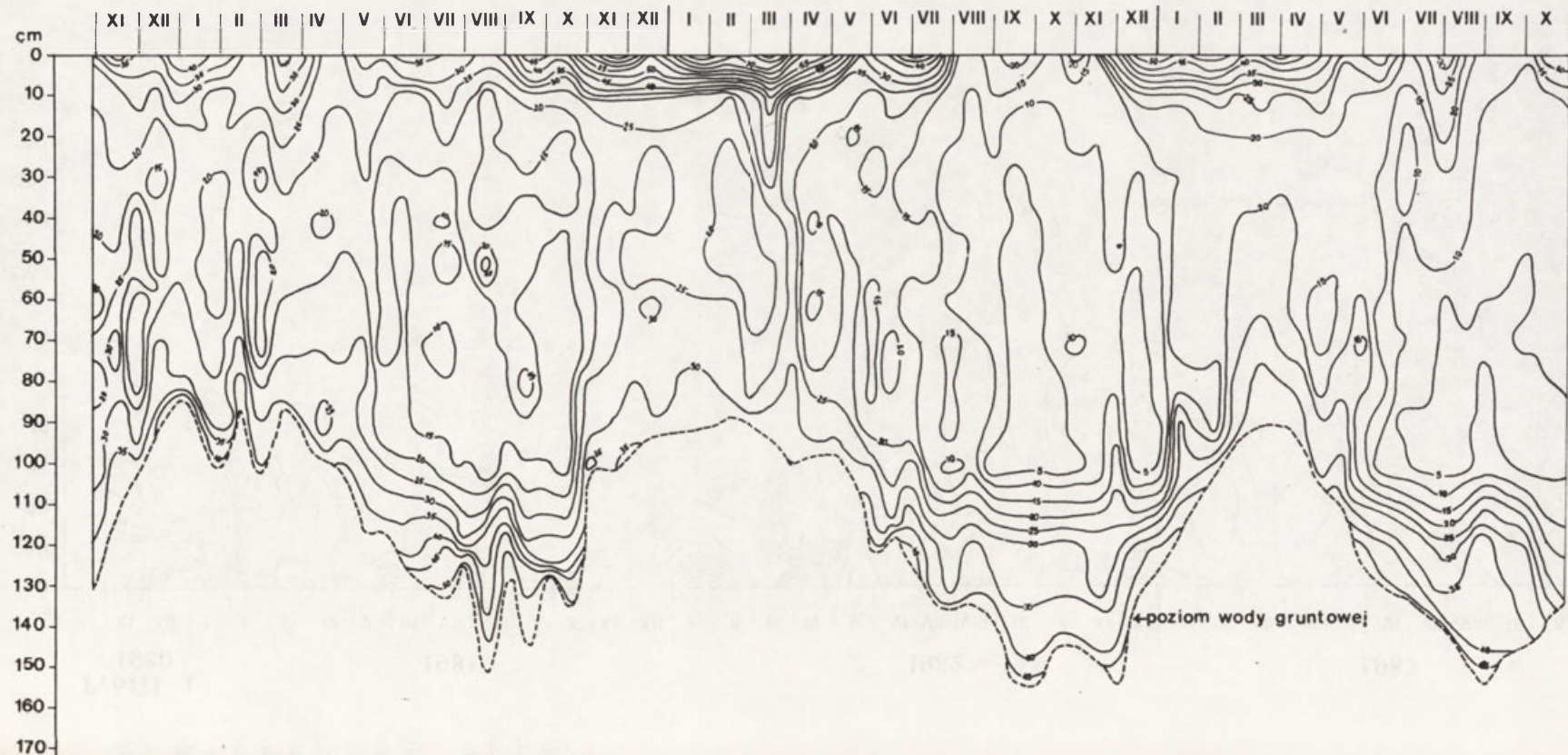


**Profil 2**  
**1980**

**1981**

**1982**

**1983**



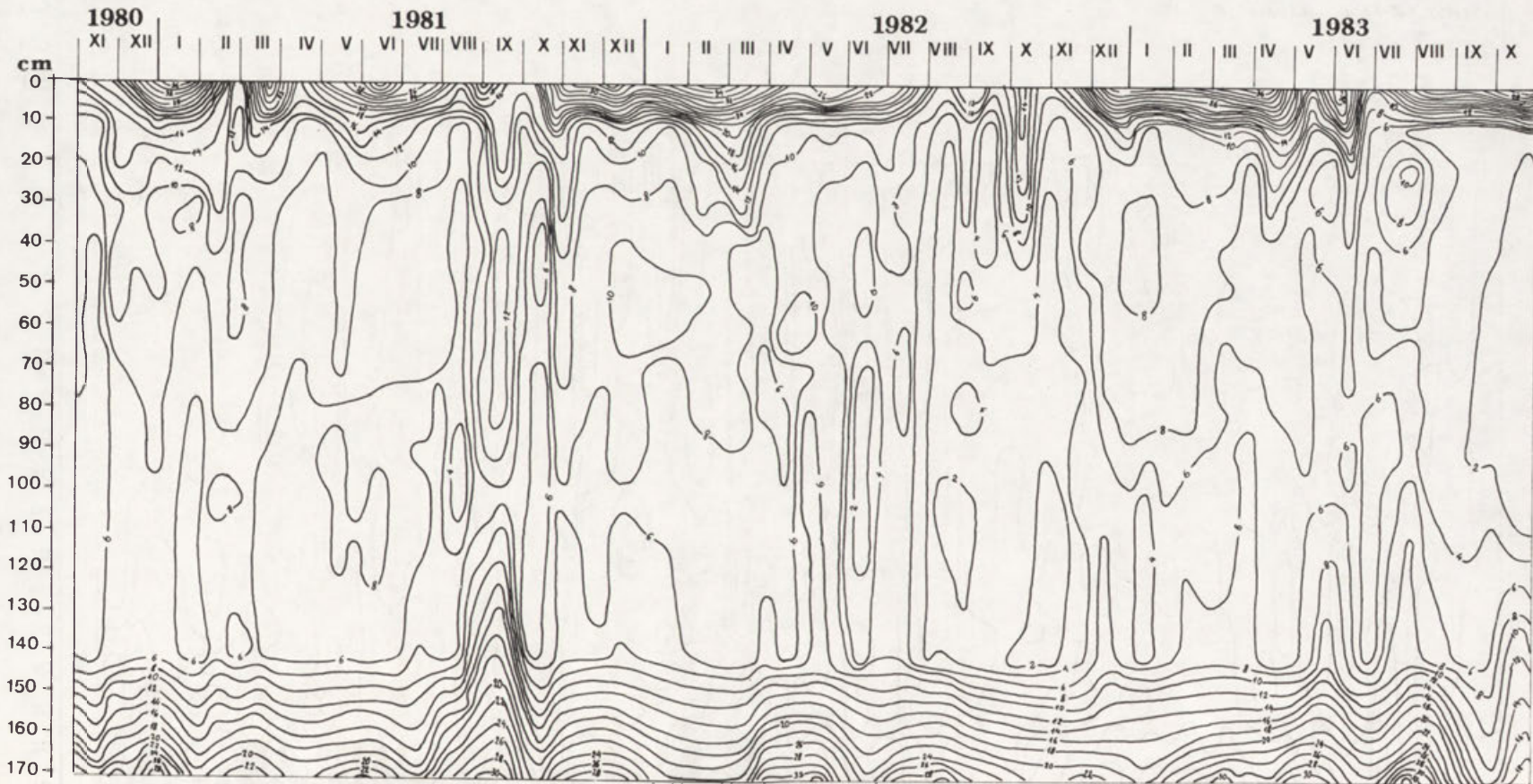




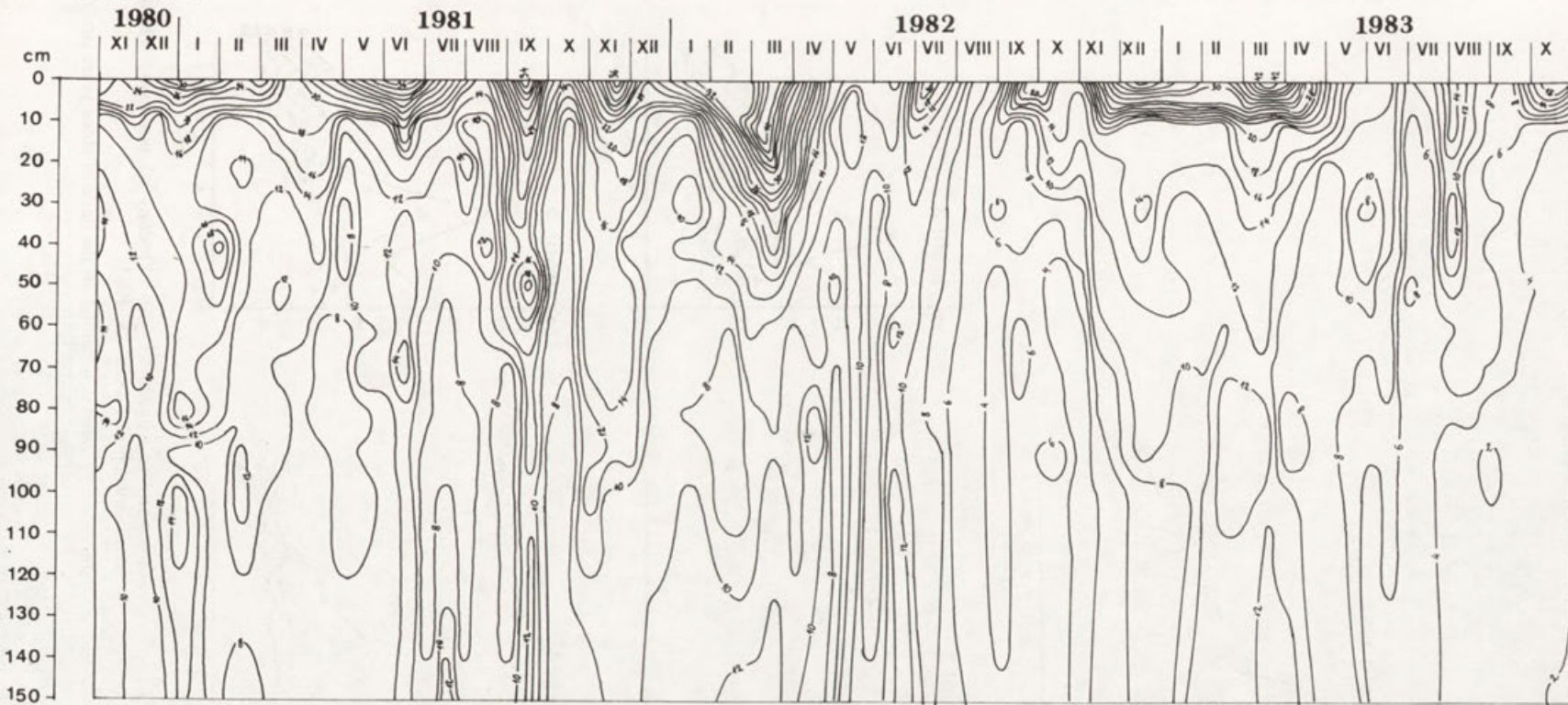
**Profil 3**

<http://rcin.org.pl>

# Profil 4



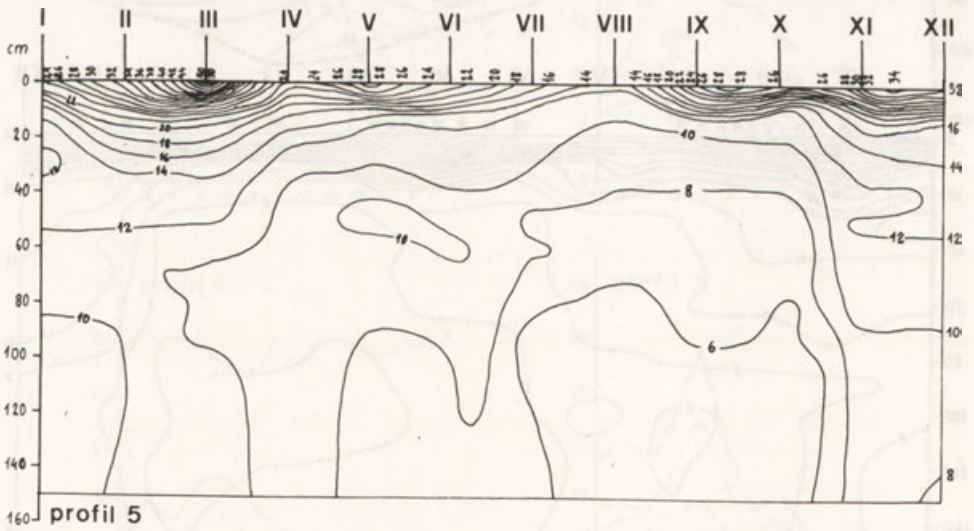
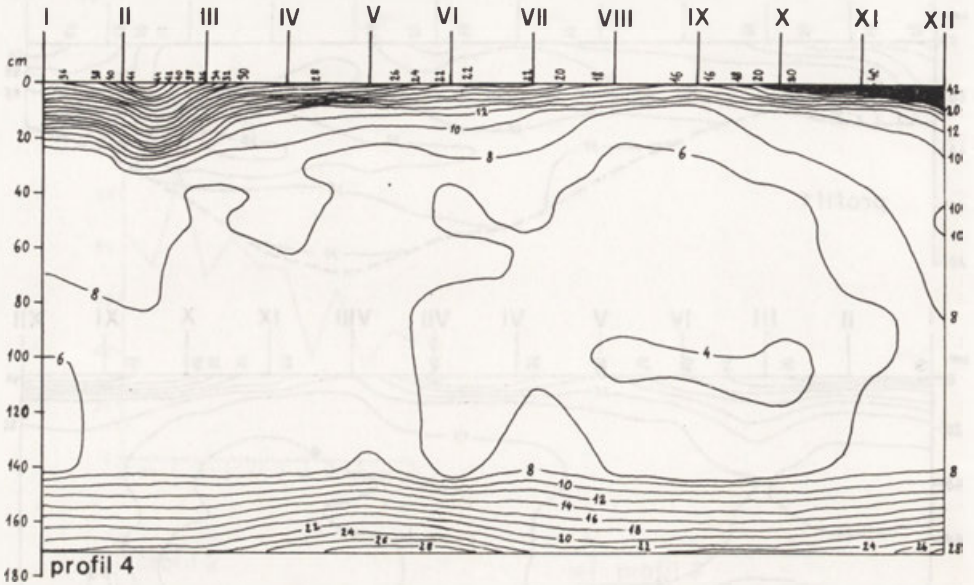
# Profil 5



Ryc. 18. Dynamika wilgotności w okresie badań (XI 1980–X 1983) wyrażona rozkładem hydrochronoisoplekt w poszczególnych profilach (1–5)

Dynamics of moisture as a hydrochronoisopleths distribution in the research period (XI 1980–X 1983)

\* Ground water level.



Ryc. 20. Średni roczny rozkład hydrochronoisoplez określony na podstawie trzech lat obserwacji (XI 1980–X 1983)

Mean annual hydrochronoisopleths distribution determined on the basis of three years study (XI 1980–X 1983)

gleb, powodowany letnim wzrostem opadów oraz kondensacją pary wodnej;  
 – okres późnoletnio-wczesnojesienny (VIII–X) – przesuszenie gleby w całych profilach, woda kapilarna okresowo zbliża się do wielkości wody związanej.

### Rozkład pionowy

We wszystkich badanych glebach (poza profilem 4) największą wilgotnością w ciągu całego okresu badań charakteryzowały się poziomy mineralno-próchniczne, szczególnie w warstwie przypowierzchniowej (W od 20% do 60%), a w profilu 4 również ilaste podłoże posiadające wysokie zdolności retencyjne i jednocześnie niski wskaźnik infiltracji – podpieranie wód grawitacyjnych ( $W = 22,8 - 35,5\%$ ). W pozostałych częściach profili, wilgotność kształtowała się odmiennie w różnych porach roku, zależnie od typu gospodarki wodnej danej gleby i dynamiki stosunków higrotermicznych.

Po wczesnowiosennym silnym i wyrównanym uwilgotnieniu wszystkich gleb, w profilach gleb automorficznych wilgotność malała wraz ze wzrostem głębokości, w glebach semihydrycznych i automorficznych oglejonych były zaś najwilgotniejsze poziomy spągowe (ryc. 18).

W okresie letnio-jesiennym, najsuchsze strefy gleb automorficznych, to poziomy położone w środkowej części profili, pomiędzy 50 a 120 cm, w których W wynosiło od 4 do 2%, a miejscami jeszcze mniej (ryc. 18).

Późną jesienią i zimą następowo powolne zwilżanie całego profilu gleby. W profilach ustalał się charakterystyczny – odwrotnie proporcjonalny do głębokości rozkład wartości wilgotności (ryc. 18).

### Zróznicowanie siedlisk

Na podstawie analizy statystycznej rozkładu wilgotności stwierdzono, że przebieg zjawisk wodnych w poszczególnych glebach różnicuje badaną katene na trzy podstawowe, homogeniczne grupy siedlisk: łąg jesionowo-olszowy,

	W		obiekty <sup>y</sup>			
poziomy analityczne <sup>x</sup>	1	1	2	3	4	5
	2	1	2	3	4	5
	2a	1	2	3	4	5
	3	1	2	3	4	5
	4	1	2	3	4	5
	4a	1	2	3	4	5
	5	1	2	3	5	4

Ryc. 21. Różnice pomiędzy siedliskami określone na podstawie rozkładu wilgotności w poszczególnych poziomach analitycznych badanych gleb

Differences between sites determined on the basis of moisture distribution in particular analytic horizons of investigated soils

x – analytic horizons, y – objects.

niski grąd, grupa grądowo-dąbrowowa (typowy i wysoki grąd, świetlista dąbrowa).

Ostatnia grupa poniżej poziomów akumulacyjno-próchnicznych wykazuje istotne statystycznie podstawy do podziału jej na dwie jednostki: grądów (typowy i wysoki) oraz świetlistej dąbrowy. Można przyjąć zatem, że wilgotność jest cechą różnicującą badaną katenę na cztery grupy siedlisk: łągu jesionowo-olszowego, niskiego grądu, świetlistej dąbrowy i grądów (typowego i wysokiego).

Pełną charakterystykę zróżnicowania badanych siedlisk przedstawiono za pomocą diagramu (ryc. 21), a relacje pomiędzy siedliskami, wyrażone liczbą istotnych różnic w wartościach wilgotności poszczególnych poziomów, prezentuje macierz różnic i podobieństw (tab. 26).

Tabela 26

Różnice pomiędzy siedliskami określone na podstawie rozkładu wilgotności (wyrażone liczbą poziomów analitycznych o istotnie różnym przebiegu cechy)

Profil	1	2	3	4	5
1	×	7	7	7	7
2	7	×	7	7	7
3	7	7	×	2	5
4	7	7	2	×	6
5	7	7	5	6	×

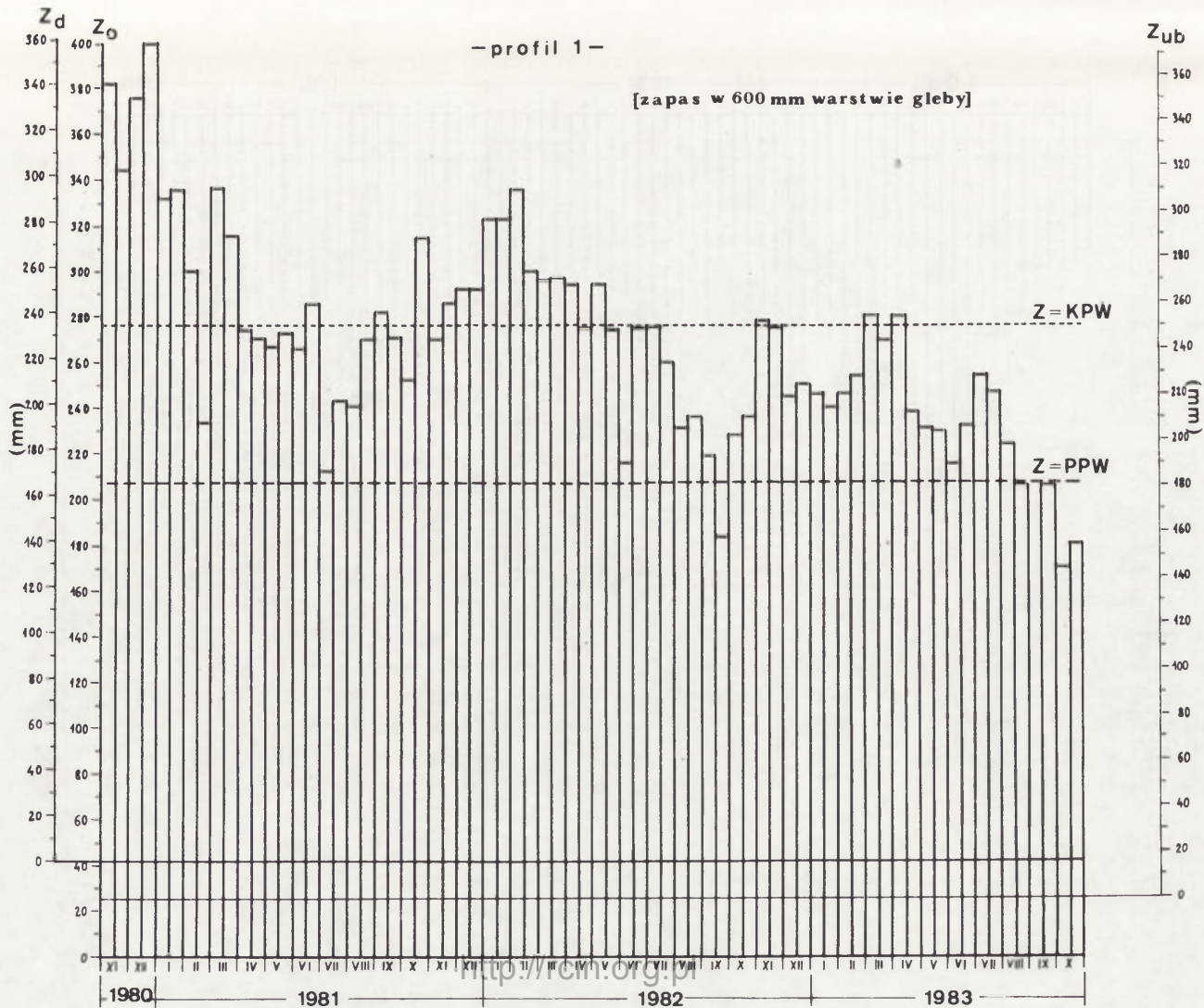
#### ZAPASY WODY GLEBOWEJ (Z)

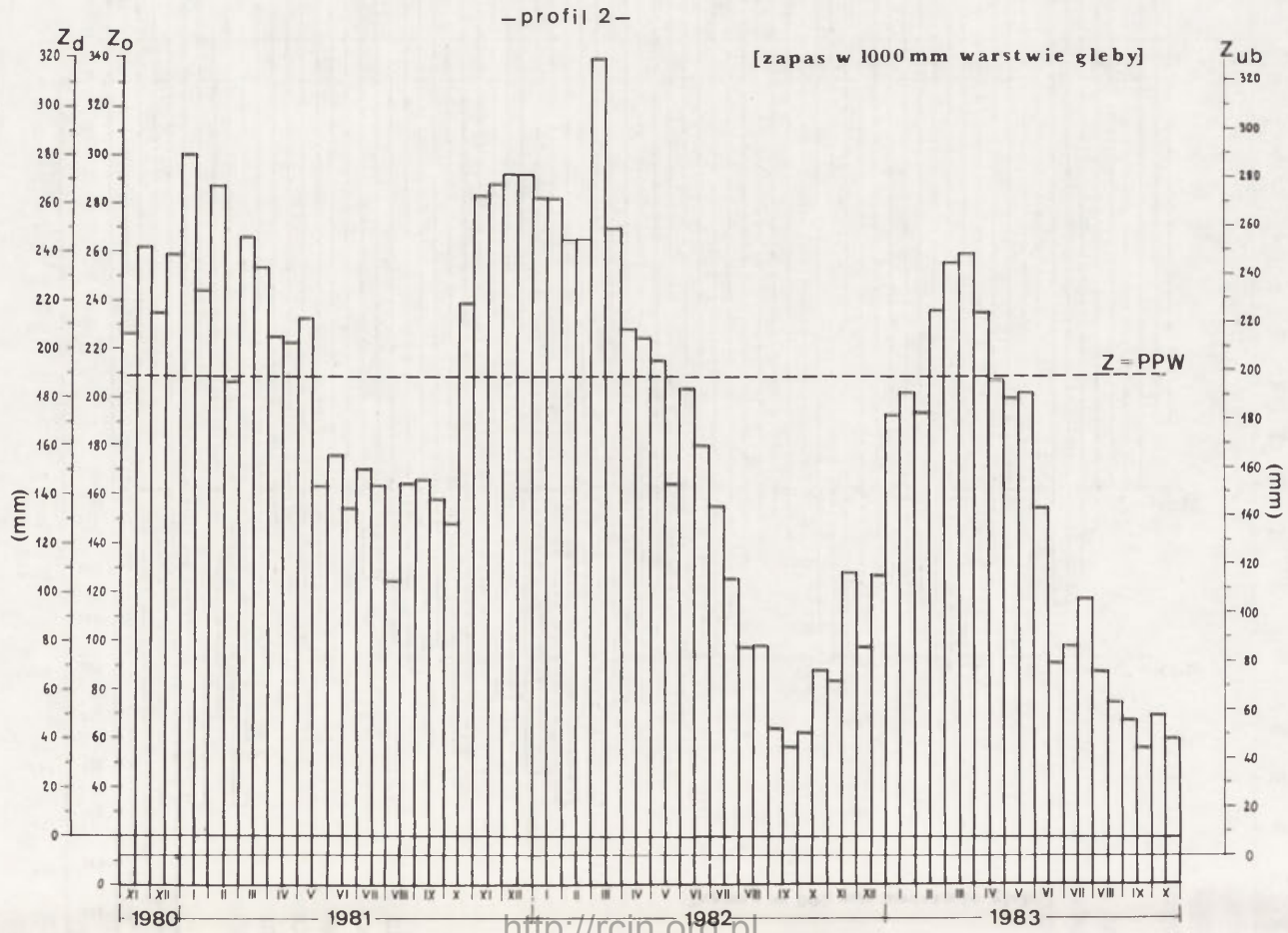
##### Zmienność czasowa

Przebieg wilgotności kształtował ekstensywne cechy wodne, do których należą właściwości retencyjne wyrażone zapasem wody glebowej. Spośród badanych cech glebowych były one jedynymi z najbardziej labilnych. Biorąc pod uwagę dekadowe stany retencji w glebach automorficznych, różnica pomiędzy wartościami charakteryzującymi absolutne maksimum i minimum Z okresu badań wynosiła od ponad 600% w profilu 4 do około 900% w profilach 2 i 5 (ryc. 22).

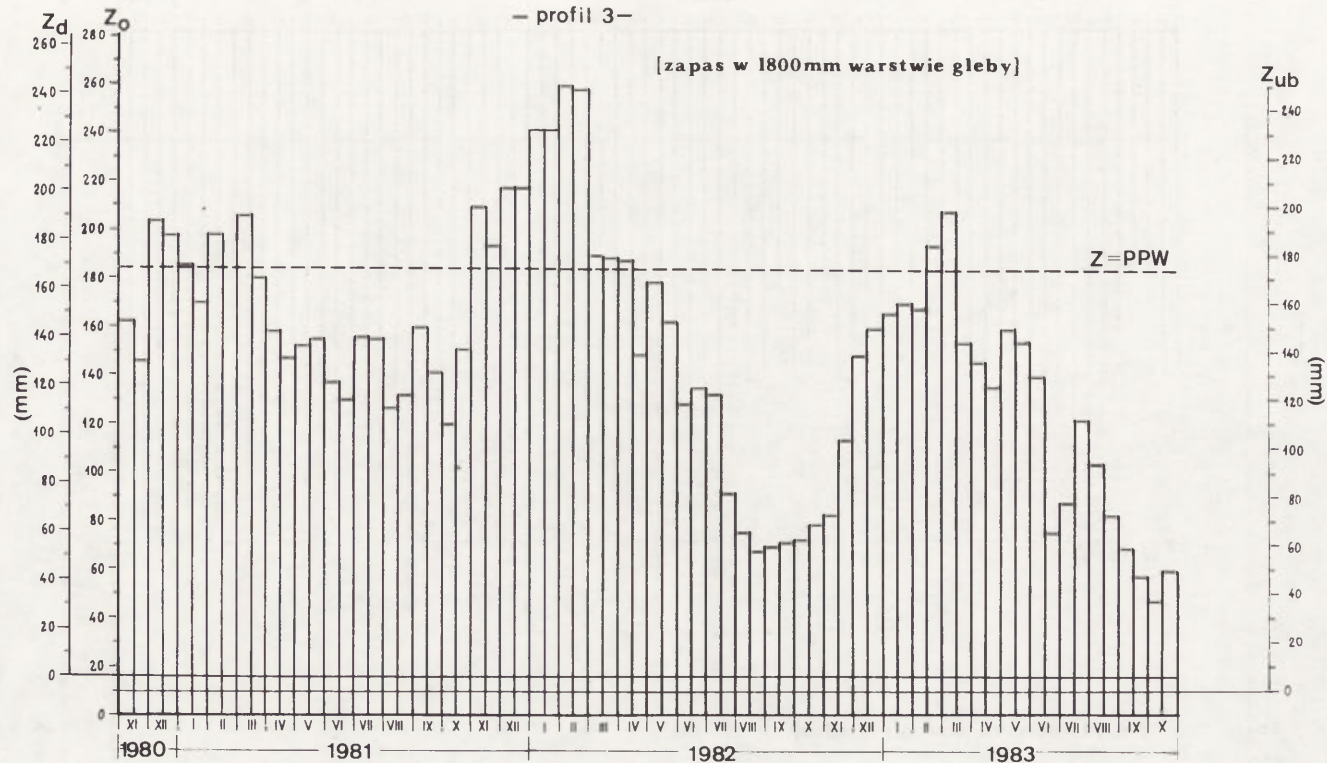
Podobnie jak rozkład wilgotności, zapasy wody glebowej charakteryzują się stopniowym zmniejszaniem się ich wielkości w kolejnych latach obserwacji, przy zachowanej w każdym roku powtarzającej się zmienności sezonowej (ryc. 22). W okresie wegetacyjnym zapas wody glebowej dostępnej dla roślin był niższy od średniego rocznego zapasu określonego na podstawie trzyletniej serii pomiarów o około 25%, natomiast różnice pomiędzy sezonami największej (zima) i najmniejszej (lato) retencji wodnej w glebach automorficznych wynosiły ponad 50% (tab. 27).

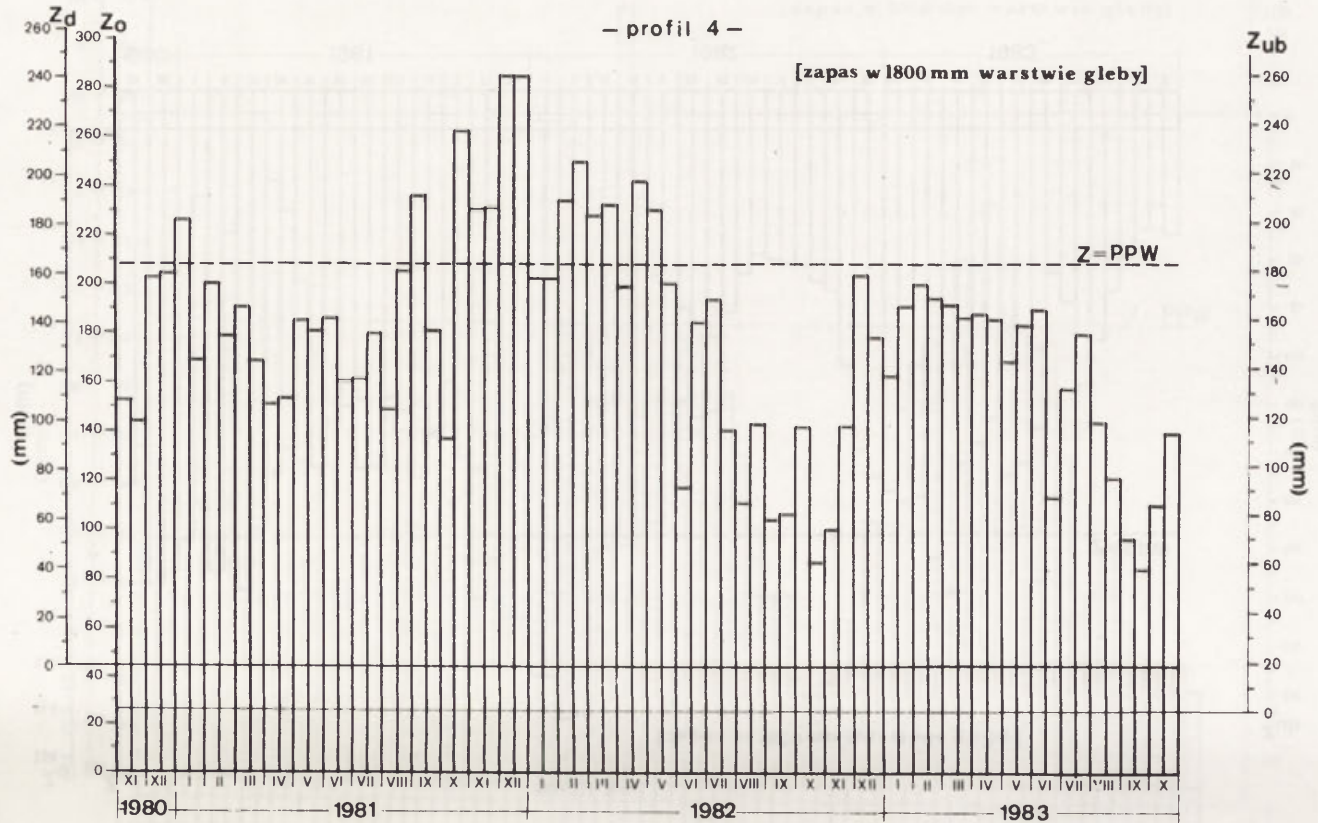
W roku występowanie okresów wzmożonej retencji było zatem nie w pełni adekwatne do potrzeb roślinności. Najwięcej wody zawierały gleby w pięciu

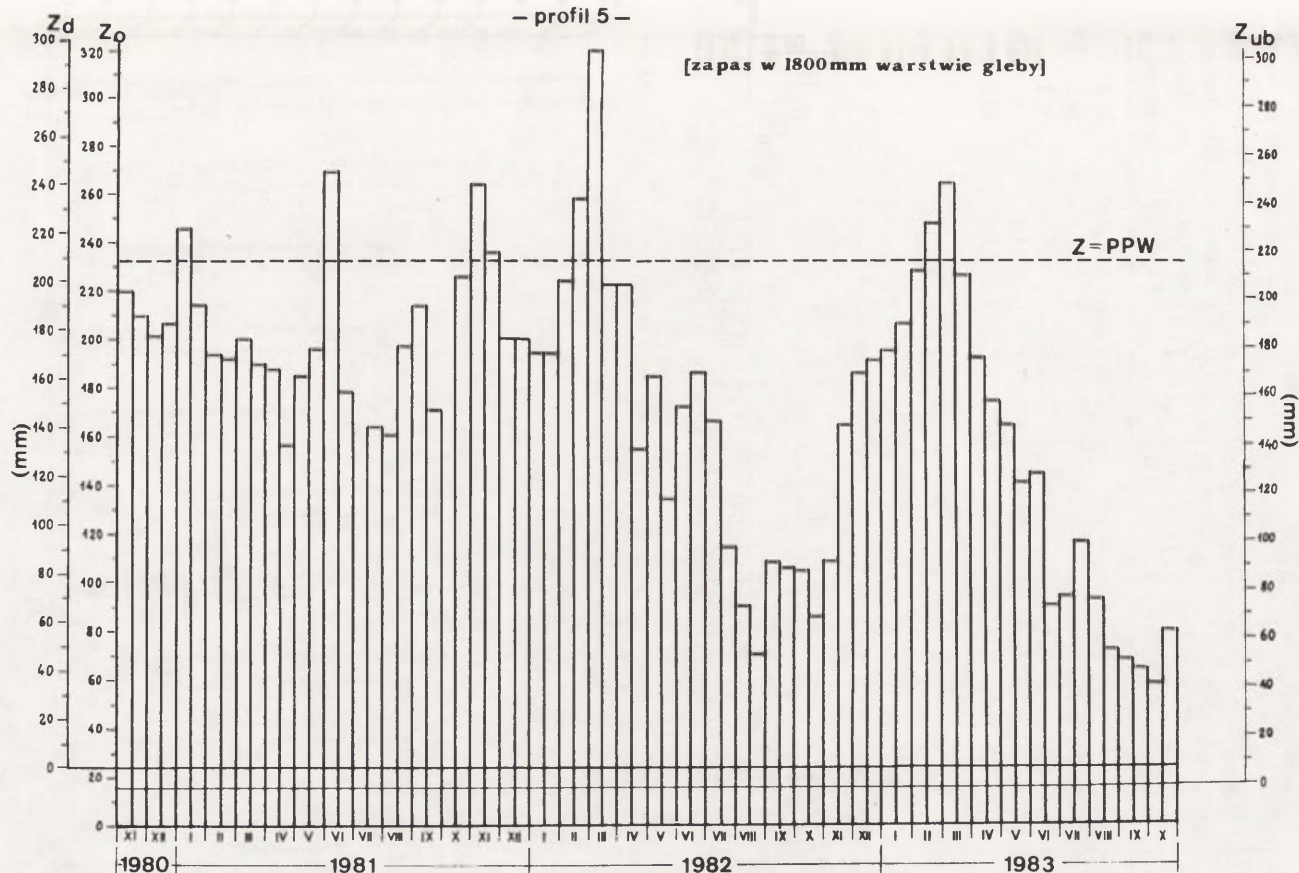










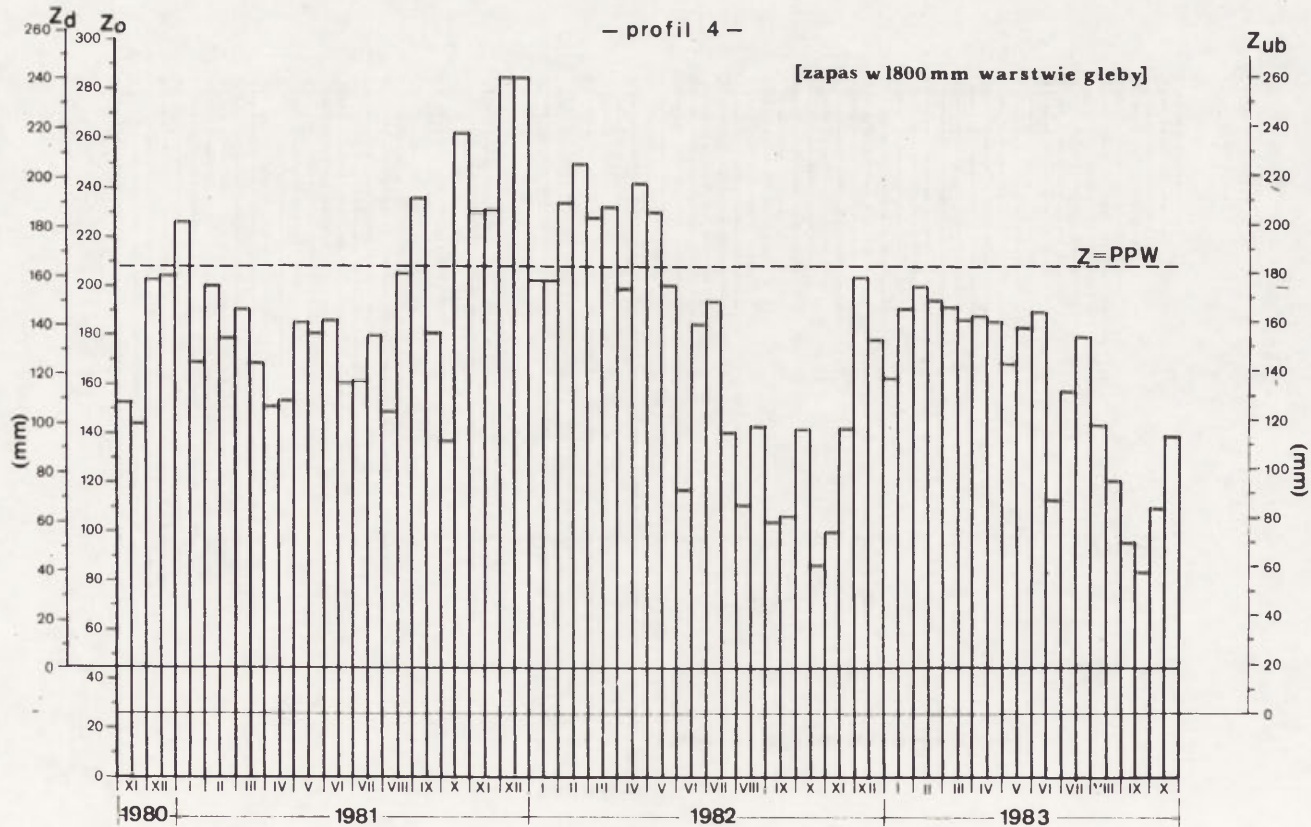


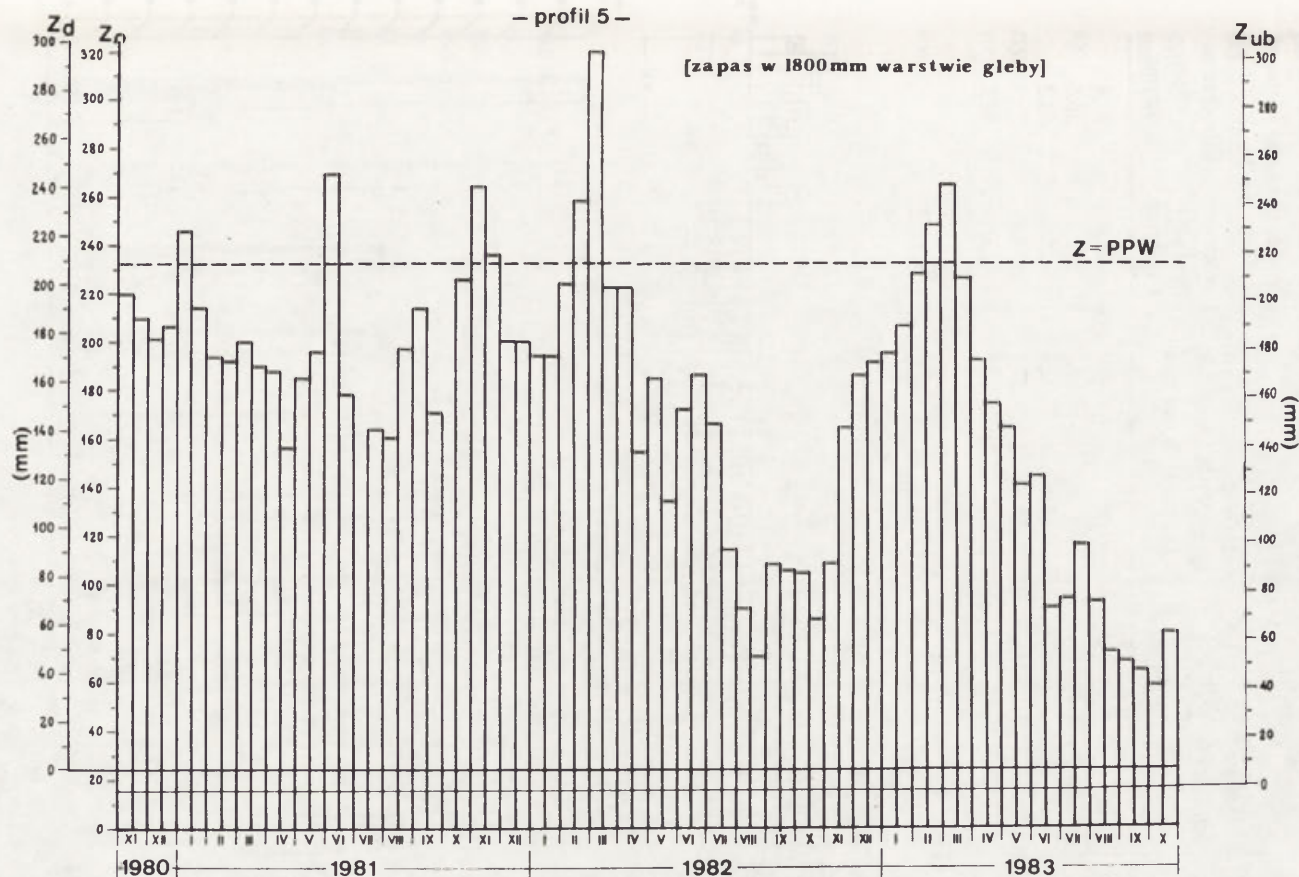
Ryc. 22. Dynamika zapasów wody glebowej w okresie badań (XI 1980–X 1983)

$Z_o$  – zapas ogólny,  $Z_d$  – zapas dostępny dla roślin,  $Z_{ub}$  – zapas użyteczny biologicznie

Dynamics of soil water stocks in the research period (XI 1980–X 1983)

$Z_o$  – total stock,  $Z_d$  – stock accessible to plants,  $Z_{ub}$  – stock accessible to microorganisms





Ryc. 22. Dynamika zasobów wody glebowej w okresie badań (XI 1980–X 1983)

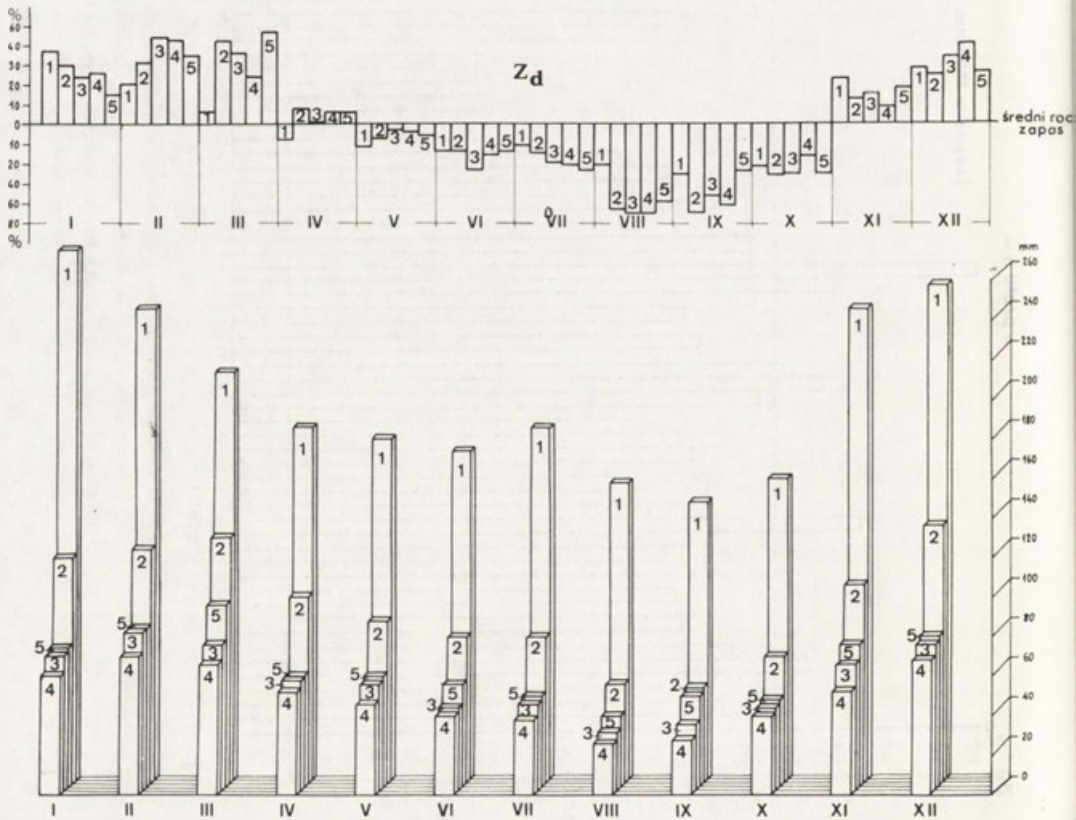
$Z_o$  – zasób ogólny,  $Z_d$  – zasób dostępny dla roślin,  $Z_{ub}$  – zasób użyteczny biologicznie

Dynamics of soil water stocks in the research period (XI 1980–X 1983)

$Z_o$  – total stock,  $Z_d$  – stock accessible to plants,  $Z_{ub}$  – stock accessible to microorganisms

Średnie zapasy wody dostępnej dla roślin w 50 cm warstwie gleby w poszczególnych profilach

Powierzchnia	Poziom genetyczny	Z średni roczny (w mm)	Z okres wegeta- cyjny V–X (w mm)	Z okres naj- suchszy (w mm)	Różnice pomiędzy okresami (w %)	
					rocznym (wegeta- cyjnym)	najsuchszym (najwilgot- niejszym)
1	AG	194,9	160,6	149,0	17,6	37,8
2	Ah(B)	88,1	65,9	49,3	25,2	56,5
3	Ah(B)	55,6	41,0	32,4	25,9	55,2
4	AE	48,7	37,0	27,5	24,0	55,9
5	AE	60,1	46,3	40,9	23,0	47,2



Ryc. 23. Średni roczny zapas wody glebowej dostępnej dla roślin w 50 cm warstwie gleby oraz dyspersja rozkładu od wartości średnich

Mean annual soil water stock accessible to plants in 50 cm layer and distribution dispersion according to mean values

miesiącach zimowych – zapas wyższy był od średniej retencji wody (ryc. 23), najmniej zaś pod koniec okresu wegetacyjnego. We wrześniu czy też pierwszej połowie października w 1800 mm warstwie gleb automorficznych (profile 3–5), zapas wody dostępnej dla roślin wynosił około 20–40 mm (ryc. 22).

Na podstawie rozkładu zapasów wody we wszystkich glebach, powtarzającego się w poszczególnych latach obserwacji niezależnie od warunków higrותרmicznych, rok można podzielić na pięć okresów:

1. Czas wzmózonej retencji (od listopada do marca) obejmujący okresy:

a) późnojesiennie-zimowy – wzrost zapasu wody w glebach automorficznych, zbliżony do retencji równej połowej pojemności wodnej, w semihydrycznej zbliżony zaś do stanu kapilarnej pojemności wodnej;

b) przedwiosenny – najwyższa retencja wody w glebie – w glebach automorficznych przewyższa zasoby równe PPW, w semihydrycznej – KPW.

2. Czas malejącej retencji (kwiecień–październik) obejmujący okresy:

a) wiosenny – dwu-trzykrotne zmniejszanie się zapasów wody glebowej we wszystkich badanych profilach w stosunku do okresu przedwiosennego;

b) letni – krótkotrwały i powierzchniowy wzrost retencji;

c) późnoletnio-jesienny – najniższe zapasy wody glebowej w ciągu roku, o kilkanaście milimetrów zapasu wyższe od granicy wody niedostępnej dla życia biologicznego roślin.

### Rozkład pionowy

We wszystkich profilach, pionowy rozkład zapasów wody charakteryzował się nierównomiernym przebiegiem. W górnej 50 cm warstwie gleb autogenicznych, głównej strefie korzenia się roślin, znajdowało się średnio w ciągu roku około 50% ogólnej wielkości zapasów wody glebowej dostępnej dla roślin, odpowiednio w profilu 2–50%, w profilu 3–48%, w profilu 4–52,8%, w profilu 5–47,7%. Wartości te ulegały pewnym, choć niewielkim, zmianom w ciągu roku. Najmniej wody w górnej części gleby w stosunku do całego profilu występowało w czasie późnoletniego całkowitego przesuszenia gleby (ok. 36,4–44,8%), najwięcej zaś w okresie jesiennego powierzchniowego zwilżenia gleb (58,0–60,7%).

Ze wzrostem głębokości następowało zarówno zmniejszanie się ogólnej zawartości wody, jak i wody dostępnej dla roślin. Wraz z głębokością profili zawężała się również amplituda wahań stanów retencji.

### Zróznicowanie siedlisk

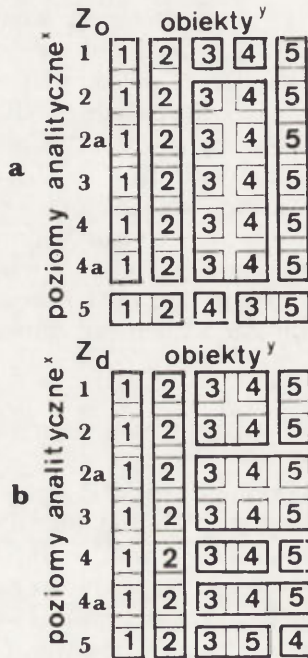
Największymi zapasami wody w glebie, a zarazem najmniejszymi wahaniami ich wielkości w ciągu roku, charakteryzowała się mada próchniczna. Odmienne właściwości retencyjne występowały w glebach bielicoziemnych – najniższe stany retencji i duże amplitudy w rozkładzie wartości cechy.

Na podstawie analizy statystycznej stwierdzono, że kształtowanie się ogólnych zapasów wody glebowej we wszystkich poziomach analitycznych

badanych gleb jest cechą różnicującą katene na cztery homogeniczne grupy siedlisk: łągu jesionowo-olszowego, niskiego grądu, świetlistej dąbrowy, grądu typowego i wysokiego (ryc. 24a).

Trzy istotnie statystycznie różne grupy siedlisk wydzielić można na podstawie rozkładu zapasów wody dostępnej dla roślin. Stanowią je: łąg jesionowo-olszowy, niski grąd, typowy i wysoki grąd, świetlista dąbrowa.

W ostatniej grupie, tylko w spągowych częściach profili zaznacza się odrębność pomiędzy zawartością wody dostępnej dla roślin w glebach grądów a glebie świetlistej dąbrowy (ryc. 24b).



Ryc. 24. Różnice pomiędzy siedliskami określone na podstawie rozkładu zapasów wody glebowej w poszczególnych poziomach analitycznych badanych gleb

a – zapas ogólny, b – zapas dostępny dla roślin

Differences between sites determined on the basis of soil water stock distribution in particular analytic horizons of investigated soils

a – total stock, b – stock accessible to plants, x – analytic horizons, y – objects.

ODCZYN (pH)

### Zmienność czasowa

Jedną z najbardziej zmiennych w czasie, ze wszystkich analizowanych cech glebowych był odczyn. Przebieg jego korespondował z kierunkowymi zmianami wilgotności gleb w okresie badań, prowadzącymi do ich przesuszenia w ostatnim roku obserwacji. W tych warunkach zaznaczyła się tendencja do zakwaszania gleb, zwłaszcza w poziomach akumulacyjno-próchnicznych. Róż-



nice pH określone pomiędzy 1981 r. a 1983 r. wynosiły od 0,2–0,3 w glebach automorficznych do ponad 1,0 w madzie próchnicznej.

Wskaźnik zmienności określony dla trzyletniej serii pomiarowej odczynu w poziomach powierzchniowych charakteryzował się wysoką wartością i wyniósł od 50–80% w glebach automorficznych do około 130% w madzie. Podobnie dużą zmienność odczynu wykazywał poziom glejowy w brunatnej glebie niskiego grądu ( $V = 110\%$ ). W pozostałych poziomach genetycznych gleb automorficznych wartość wskaźnika wynosiła 40–50% (tab. 28).

Tabela 28

Wartości współczynnika zmienności odczynu w latach 1981–1983 oraz średnie pH w poszczególnych latach obserwacji

Profil	Poziom	Głębokość (cm)	$V_z$	Średnie pH w latach:				Różnice pomiędzy latami
				1981	1982	1983	$\bar{m}$	
1	AG	10	129,6	6,05	5,47	5,04	5,35	1,01
	Gor	50	75,2	6,84	6,30	6,21	6,31	0,63
2	Ah(B)	10	84,0	4,58	4,49	4,31	4,42	0,27
	Bv(B)	50	62,4	4,62	4,52	4,49	4,53	0,13
	Gor	80	83,9	5,22	5,12	5,03	5,12	0,19
	Gr	120	110,5	6,43	6,73	6,05	6,31	0,68
3	Ah(B)	10	44,6	4,22	4,09	4,02	4,10	0,20
	BvAk(B)	50	63,4	4,54	4,53	4,35	4,46	0,19
	Bv(B)	80	71,1	4,96	4,87	4,87	4,92	0,09
	Bv(B)C	120	45,3	5,16	5,10	5,17	5,14	0,07
	CG	170	42,2	5,19	5,21	5,26	5,22	0,07
4	AE	10	64,8	4,32	4,17	4,23	4,25	0,15
	BvBh	20	41,2	4,55	4,46	4,46	4,48	0,09
	Bv	40	42,9	4,57	4,57	4,53	4,56	0,04
	BvC	100	64,0	4,97	4,87	4,79	4,87	0,18
	BvCcon	140	52,3	5,05	5,08	5,30	5,13	0,25
	Dg	170	49,4	5,22	5,23	5,45	5,29	0,23
5	AE	10	54,5	4,39	4,27	4,19	4,33	0,20
	BvBh	20	37,4	4,48	4,43	4,32	4,38	0,16
	Bv(B)	40	40,8	4,58	4,52	4,44	4,48	0,14
	Bv(B)C	80	41,1	4,78	4,77	4,63	4,67	0,15
	C	150	43,3	5,04	5,10	5,10	5,08	0,06

Niezależnie od zmian pH, które zachodziły w czasie 3 lat badań, stwierdzono także sezonową, powtarzalną w każdym roku rytmikę kształtowania się przebiegu zjawiska. Charakteryzuje się ona występowaniem czterech okresów o odmiennym typie rozkładu pH:

– przedwiosenny (II–III) – wyraźny spadek pH, średnio około 0,2–0,4 jednostki pH;

– wiosenny (III–V) – wzrost odczynu, w poziomach akumulacyjno-próchnicznych średnio od 0,4 do 0,7 jednostki pH, w poziomach mineralnych od 0,2 do 0,5 jednostki pH;

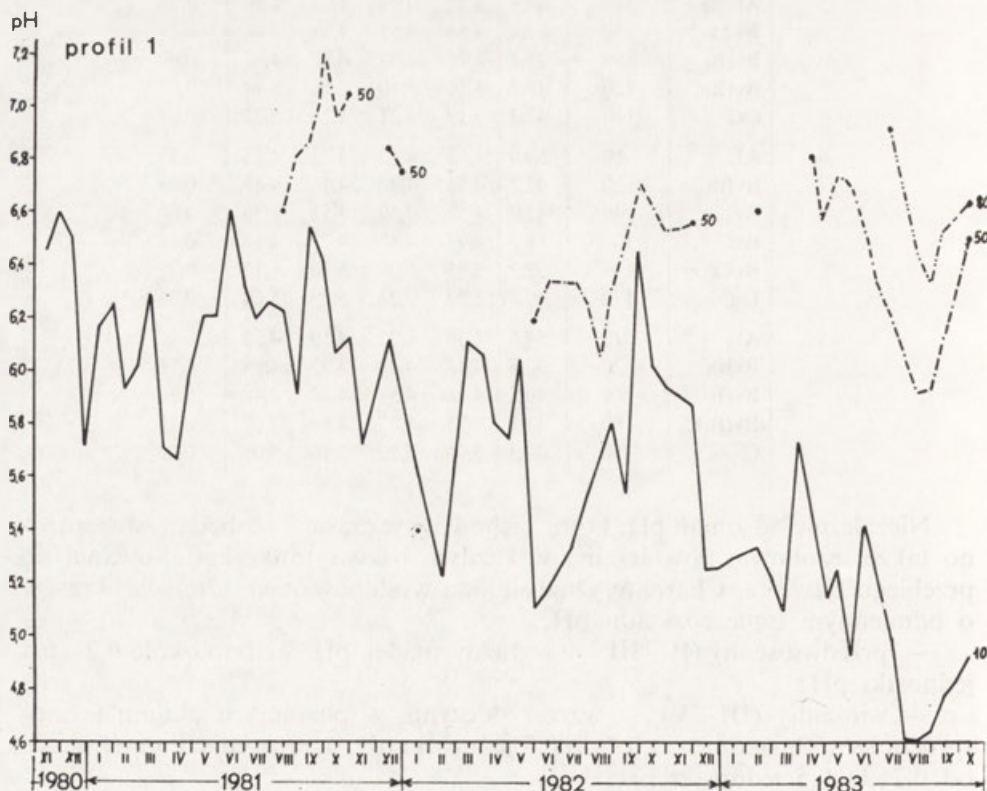
– wiosenno-letni (VI–VIII) – spadek pH, w poziomach mineralno-próchnicznych dochodzący do 0,9 jednostki pH w madzie i 0,5–0,6 jednostki pH w glebach automorficznych;

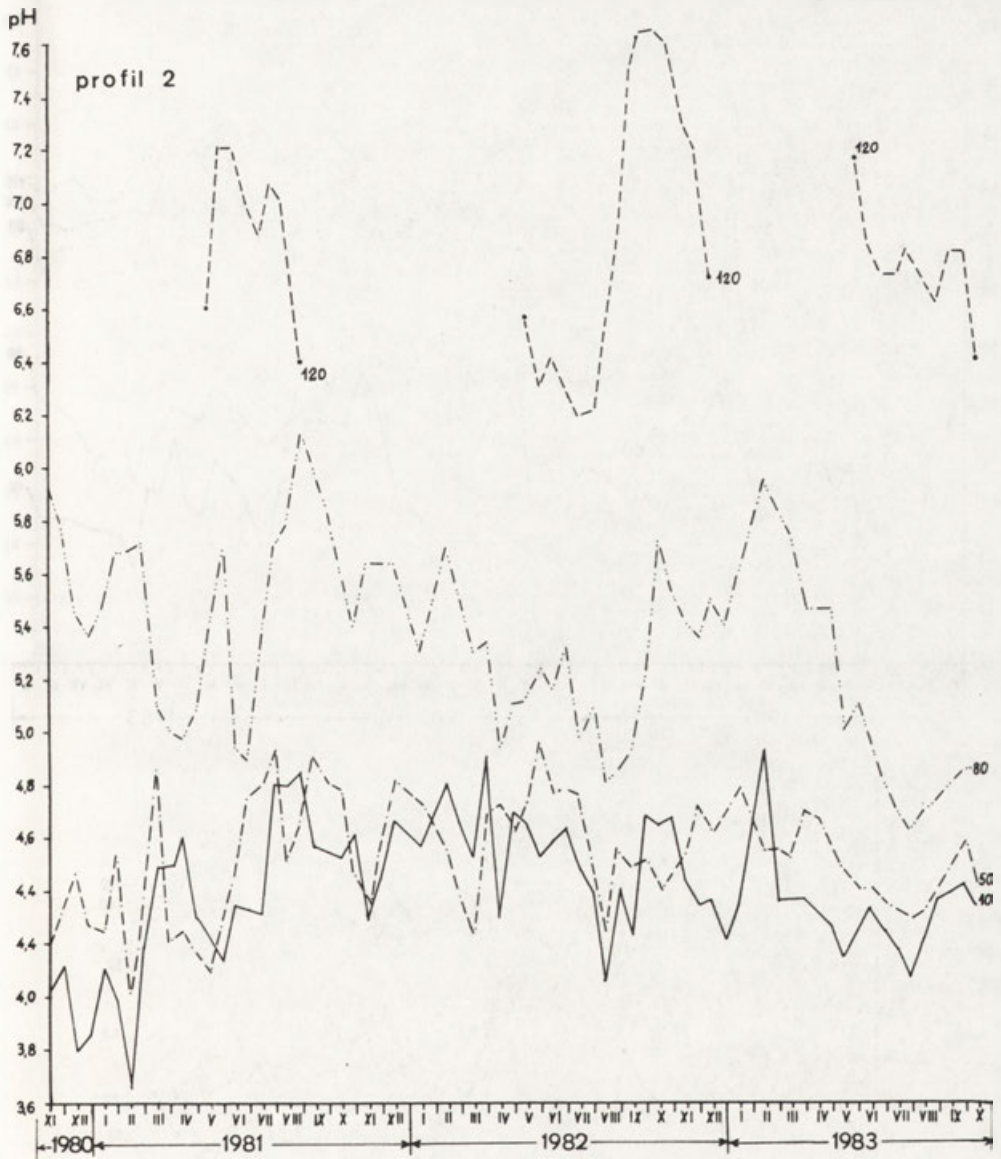
– jesienno-zimowy (IX–I) – wzrost odczynu średnio o 0,2–0,4 jednostki pH.

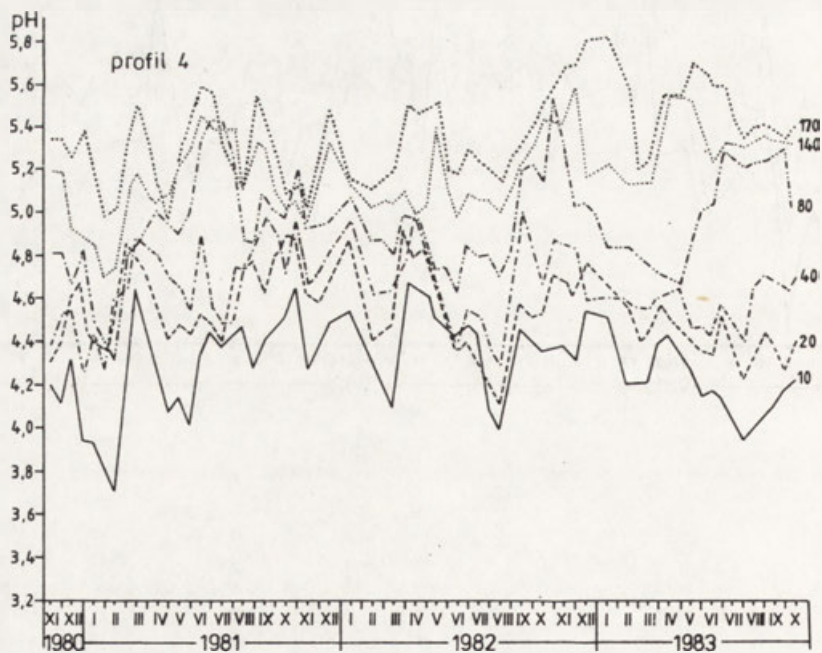
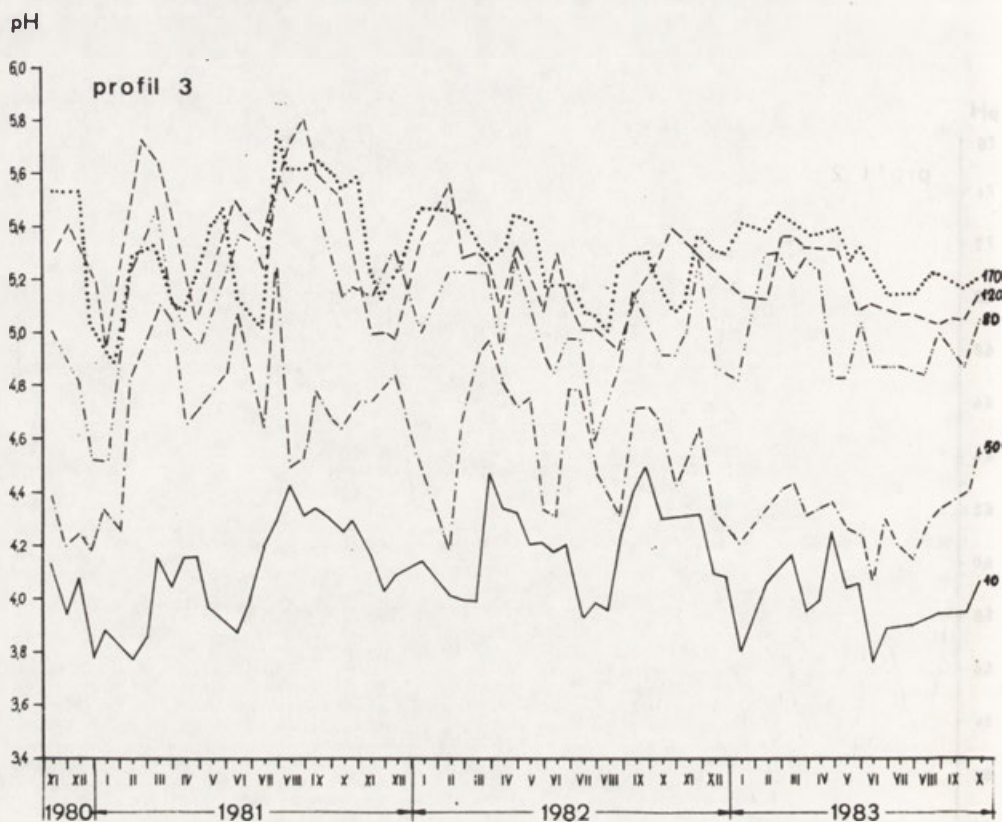
W głębszych częściach profili często odnotowywano dwutygodniowe przesunięcie w rozkładzie zjawiska w stosunku do poziomów powierzchniowych (ryc. 25).

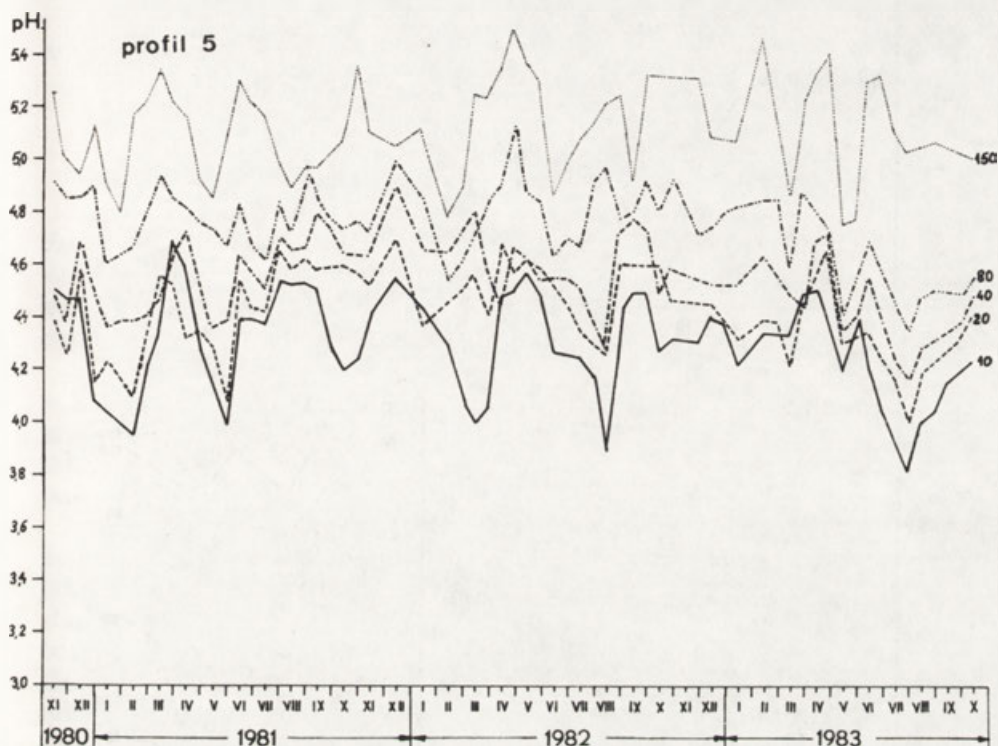
### Rozkład pionowy

Odczyn badanych gleb jest cechą charakteryzującą się wyraźnym gradientem pionowym, wyrażającym się silnym zmniejszaniem się kwasowości wraz ze wzrostem głębokości. Ilustruje to średni roczny przebieg zjawiska określony dla okresu badań (ryc. 26). Każda z linii obrazujących roczny rozkład odczynu w danym poziomie, nie przecina krzywych rozkładu zjawiska w innych poziomach genetycznych, a różnice pomiędzy dwoma sąsiednimi poziomami wynoszą średnio 0,2–0,3 jednostki pH. W poszczególnych glebach, maksymalna amplituda odczynu pomiędzy poziomami mineralno-próchnicznymi a skałami macierzystymi sięgała 1,5 jednostki pH (ryc. 26). W profilach zachowane były zatem stałe statystycznie istotne różnice pomiędzy odczynem poszczególnych poziomów.



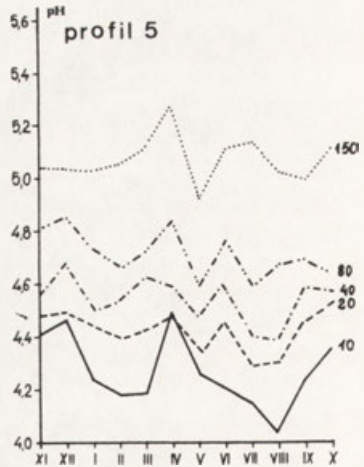
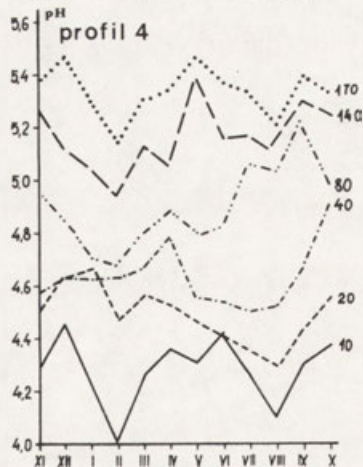
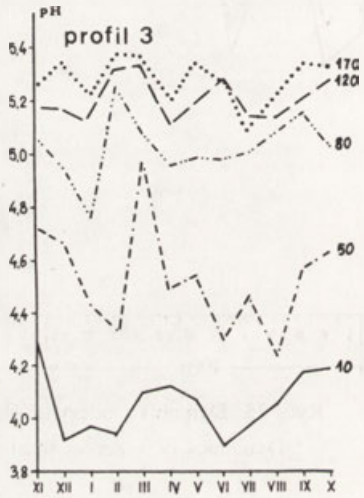
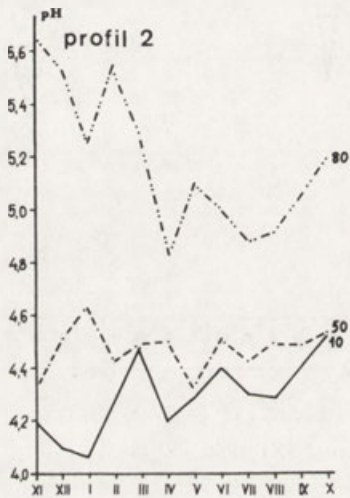
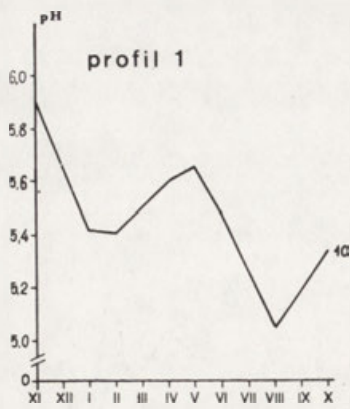






Ryc. 25. Dynamika odczynu gleby w okresie badań (XI 1980–X 1983)

Dynamics of reaction in the research period (XI 1980–X 1983)



Ryc. 26. Średni roczny rozkład wartości pH określony na podstawie trzech lat obserwacji (XI 1980–X 1983)

Mean annual pH values distribution determined on the basis of three years study (XI 1980–X 1983)

Ze wzrostem głębokości gleby zmniejszały się zarówno wahania odczynu w przeciągu roku, jak i na przestrzeni całego okresu obserwacji.

### Zróżnicowanie siedlisk

Na podstawie analizy statystycznej rozkładu kwasowości całkowitej stwierdzono, że odczyn badanych gleb różnicuje siedliska tylko na dwie statystycznie istotne odrębne grupy. Pierwszą stanowi semihydryczna mada próchniczna łągu jesionowo-olszowego, drugą – automorficzne gleby grądów i świetlistej dąbrowy.

Grupa gleb automorficznych jest niejednorodna wewnątrz. Prawie w każdym z analizowanych poziomów wyodrębniają się statystycznie istotne grupy siedlisk. Brakuje natomiast grupy, która charakteryzowałaby się bądź taką samą, bądź zbliżoną kombinacją zależności w każdym z analizowanych poziomów.

W poziomach akumulacyjno-próchnicznych oddzielną grupę stanowi wylugowana gleba brunatna (profil 3). W drugim poziomie analitycznym nie ma jakichkolwiek różnic w obrębie gleb automorficznych. Poziom III, który stanowią głównie poziomy eluwalne, charakteryzuje się największym zróżnicowaniem przestrzennym odczynu, ponieważ wszystkie z badanych gleb różnią się istotnie między sobą. Głębiej, w czwartym poziomie analitycznym i poziomie skał macierzystych, jako samodzielne grupy wyodrębniają się: wylugowana gleba brunatna świetlistej dąbrowy (profil 5) oraz gleby typowego i wysokiego grądu (profile 3 i 4).

Pełną ilustracją omawianego zróżnicowania jest diagram (ryc. 27), a relacje pomiędzy poszczególnymi glebami wyrażone liczbą istotnych różnic w odczynie ujmując macierz różnic i podobieństw (tab. 29).

pH		obiekty <sup>y</sup>				
poziomy analityczne <sup>x</sup>	1	1	3	2	4	5
	2	1	2	3	4	5
	2a	1	4	2	3	5
	3	1	2	3	4	5
	4	1	2	3	4	5
	4a	1	2	3	4	5
	5	1	2	3	4	5

Ryc. 27. Różnice pomiędzy siedliskami określone na podstawie rozkładu odczynu w poszczególnych poziomach analitycznych badanych gleb

Differences between sites determined on the basis of reaction distribution in particular analytic horizons of investigated soils

x – analytic horizons, y – objects.

Tabela 29

Różnice pomiędzy siedliskami określone na podstawie rozkładu odczynu (wyrażone liczbą poziomów analitycznych o istotnie różnym przebiegu cechy)

Profil	1	2	3	4	5
1	x	6	7	7	7
2	6	x	4	5	4
3	7	4	x	4	5
4	7	5	4	x	5
5	7	4	5	5	x

#### WYMIENNY WODÓR ( $H^+$ )

#### Zmienność czasowa

Zawartość wymiennego wodoru w badanych glebach ulegała znacznym wahaniom w latach obserwacji. Współczynnik zmienności określony dla tego okresu wynosił w glebie semihydrycznej 58–80%, a w glebach automorficznych od 30 do 66% (tab. 30). Wielkości zmian w zawartości jonów  $H^+$  nie wykazywały większych zależności od poziomu genetycznego. W jednych profilach największe zróżnicowanie wystąpiło w poziomach powierzchniowych i skale macierzystej (profile 2 i 4), w innych zaś w części środkowej gleby (profil 3) czy też spągowej części gleby (profil 5).

Największa zasobność gleb w wymienny wodór wystąpiła w większości poziomów genetycznych w 1982 r., absolutne maksimum zanotowano zaś wiosną 1983 r. Zróżnicowanie w średniej zawartości jonów  $H^+$  pomiędzy poszczególnymi latami obserwacji nie było duże. Współczynnik zmienności obliczony na podstawie średnich wartości w poszczególnych latach wyniósł od 12 do 24,8% (tab. 30). Zaznaczyła się natomiast silna i powtarzalna w każdym roku dyferencjacja rozkładu zawartości wymiennego wodoru, wyrażająca się analogicznym bądź też podobnym cyklem zmian sezonowych. W rocznym przebiegu zjawiska można wydzielić cztery okresy zmian jego natężenia:

- przedwiosenny (II–III) – najsilniejszy wzrost zawartości wodoru wymiennego z maksimum przypadającym pod koniec lutego;
- wiosenny (IV–VI) – zmniejszanie się zawartości, z minimum majowo-czerwcowym;
- letni (VII–IX) – podwyższenie się udziału jonów wodorowych w kompleksie sorpcyjnym;
- jesienno-zimowy (X–XI) – ponowny spadek zawartości jonów  $H^+$ ;
- zimowy (XII–I) – łagodny wzrost liczby jonów wymiennego wodoru we wszystkich analizowanych glebach.

W głębiej położonych poziomach genetycznych zaobserwowano częste występowanie kilkutygodniowego przesunięcia stanów zjawiska w stosunku do powierzchniowych warstw gleby (ryc. 28).



Tabela 30

Wartości współczynnika zmienności zawartości wodoru wymiennego w latach 1981–1983 oraz średnie różnice pomiędzy poszczególnymi latami obserwacji

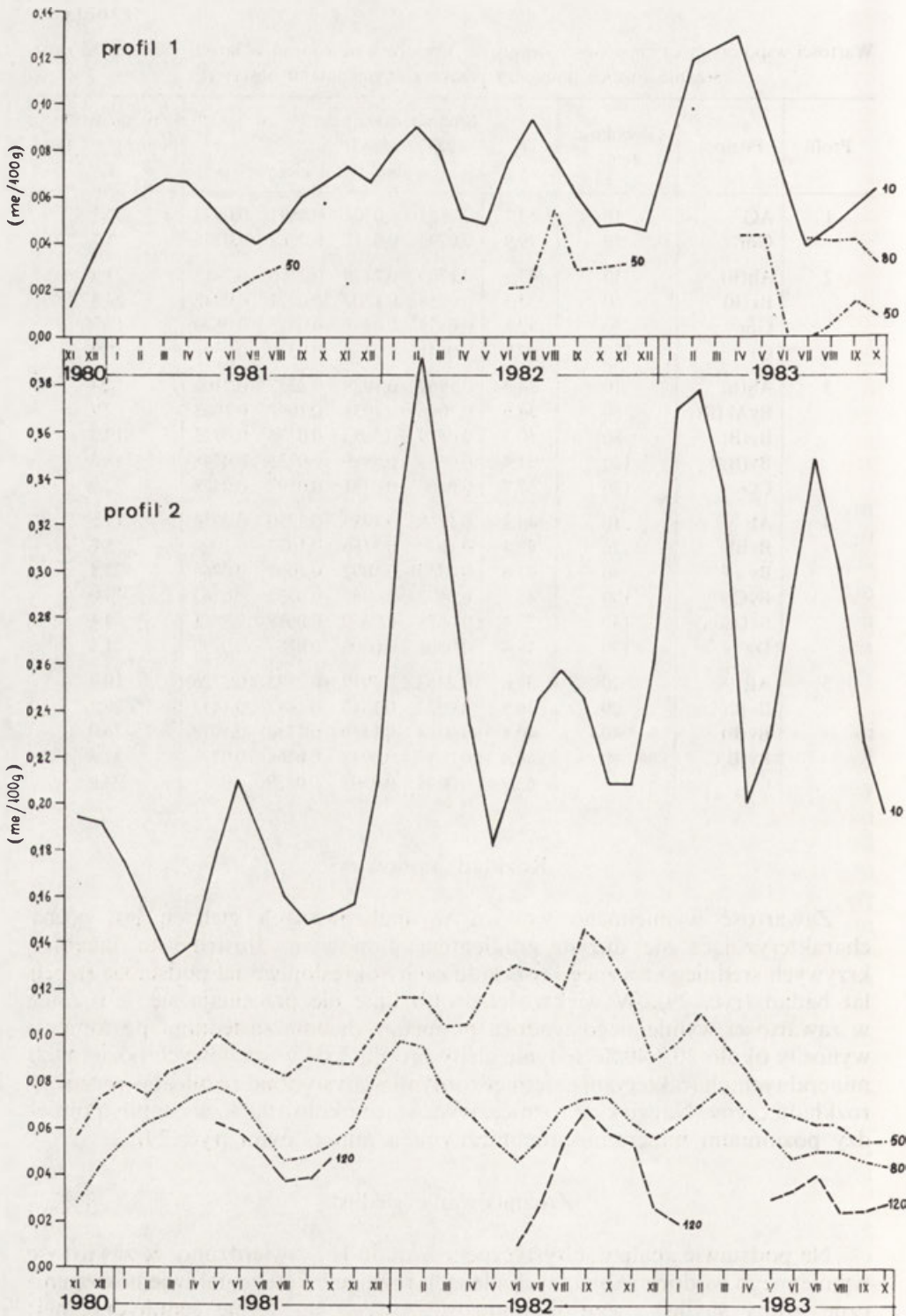
Profil	Poziom	Głębokość (cm)	$V_z$	Średnia zawartość $H^+$ w latach				Zróznicowanie pomiędzy latami $V_z$
				1981	1982	1983	$\bar{m}$	
1	AG	10	53,7	0,0525	0,0704	0,0891	0,0673	20,3
	Gor	50	79,9	0,0292	0,0312	0,0282	0,0295	5,2
2	Ah(B)	10	43,3	0,1703	0,2476	0,2775	0,2318	23,9
	Bv(B)	50	33,3	0,0858	0,1203	0,0771	0,0942	24,3
	Gor	80	32,8	0,0579	0,0708	0,0573	0,0620	12,3
	Gr	120	47,7	0,0441	0,0438	0,0310	0,0396	18,9
3	Ah(B)	10	34,3	0,1967	0,1988	0,2357	0,2104	10,4
	BvAk(B)	50	34,6	0,1066	0,1031	0,1092	0,1063	2,9
	Bv(B)	80	50,3	0,0579	0,0853	0,0736	0,0722	19,0
	Bv(B)B	120	31,4	0,0633	0,0889	0,0725	0,0748	17,3
	CG	170	37,7	0,0664	0,0771	0,0597	0,0678	12,9
4	AE	10	44,3	0,1768	0,1983	0,2350	0,2034	14,5
	BvBh	20	43,4	0,1049	0,1166	0,1072	0,1096	5,7
	Bv	40	41,6	0,0710	0,1092	0,1091	0,0964	22,8
	BvC	100	43,9	0,0673	0,0881	0,0735	0,0763	14,0
	BvCcon	140	37,4	0,0628	0,0679	0,0678	0,0661	4,4
	Dg	170	49,4	0,0806	0,0800	0,0787	0,0798	1,2
5	AE	10	36,0	0,2383	0,2919	0,2875	0,2726	10,9
	BvBh	20	36,9	0,0977	0,1813	0,1447	0,1412	29,7
	Bv(B)	40	40,5	0,0764	0,1176	0,1294	0,1078	26,0
	Bv(B)C	80	46,4	0,0617	0,0948	0,0764	0,0776	21,4
	C	150	65,9	0,0341	0,0503	0,0329	0,0391	24,9

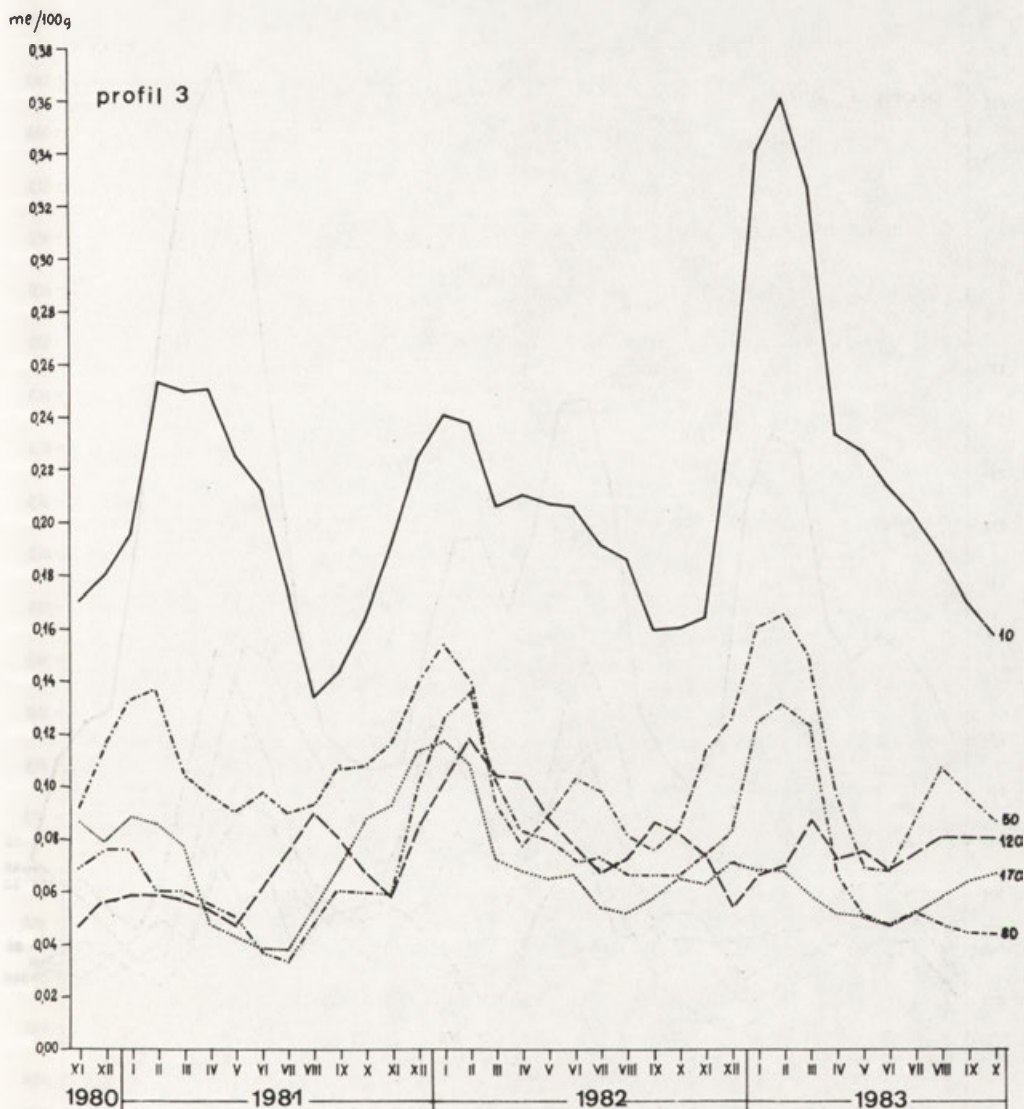
### Rozkład pionowy

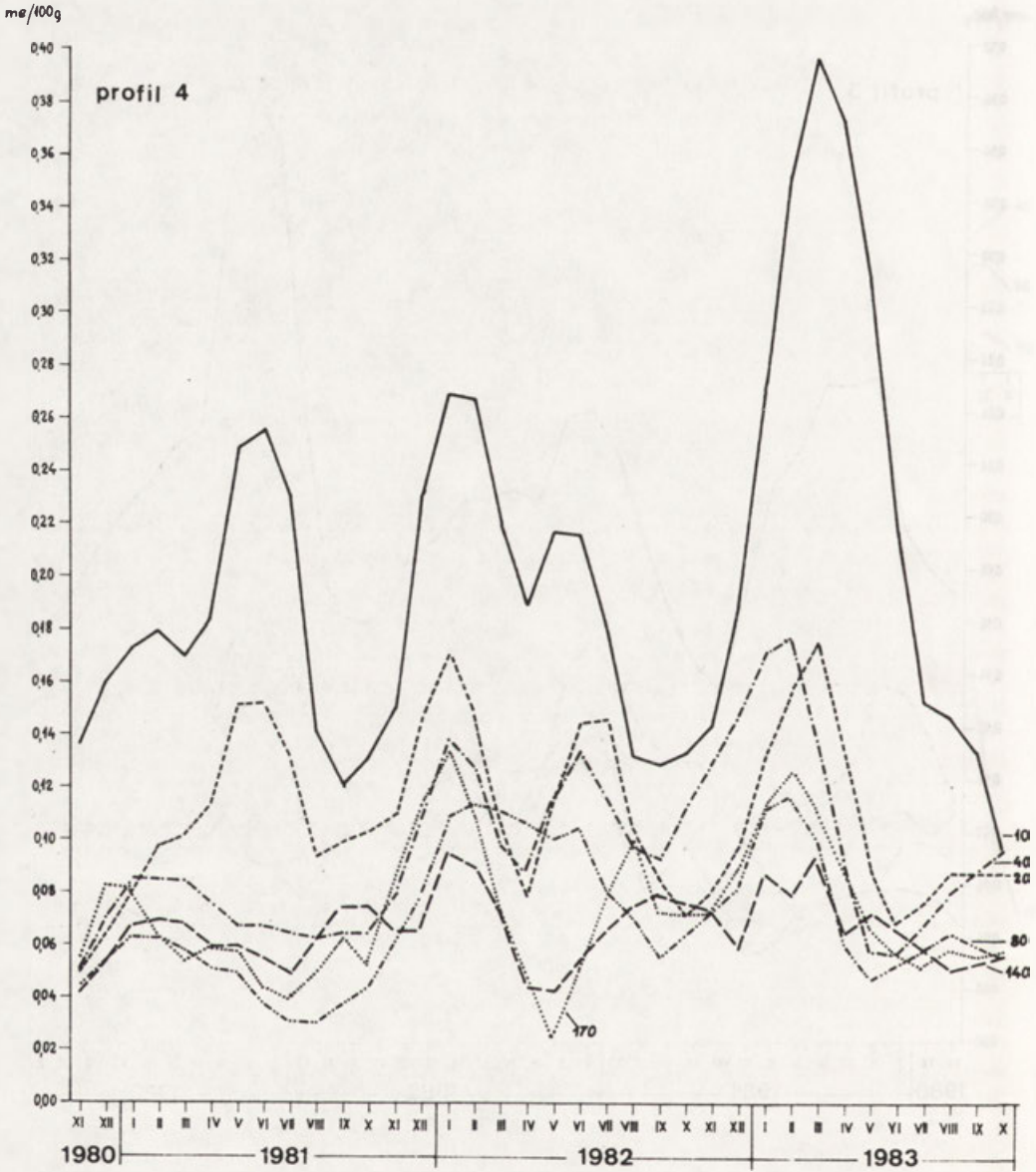
Zawartość wymiennego wodoru w analizowanych glebach jest cechą charakteryzującą się dużym gradientem pionowym. Ilustruje to przebieg krzywych średniego rozkładu cechy określonego na podstawie trzech lat badań (ryc. 29). W większości profili linie nie przecinają się, a różnice w zawartości wymiennego wodoru pomiędzy dwoma sąsiednimi poziomami wynosiły około 30–40%. Jedynie gleby profilu 3 i 4 w spągowych poziomach mineralnych charakteryzują się nieistotnymi statystycznie różnicami rocznego rozkładu cechy. Największe różnice, wynoszące około 100%, wystąpiły pomiędzy poziomami mineralno-próchnicznymi a mineralnymi (ryc. 29).

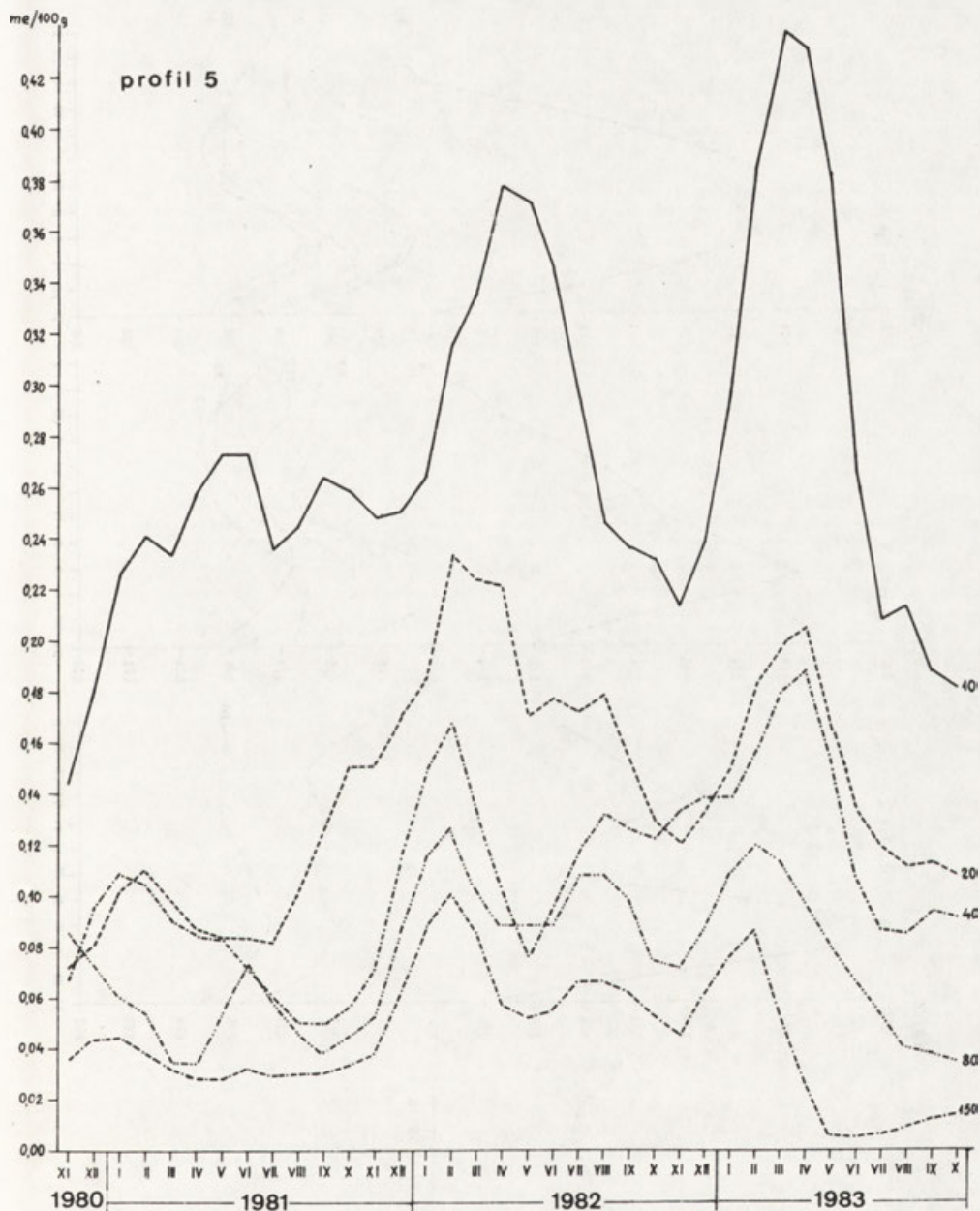
### Zróznicowanie siedlisk

Na podstawie analizy statystycznej rozkładu  $H^+$  stwierdzono, że zawartość wymiennego wodoru w badanych glebach różnicuje katenę na dwie homogeniczne grupy siedlisk: łągu jesionowo-olszowego na glebie semihydrycznej;

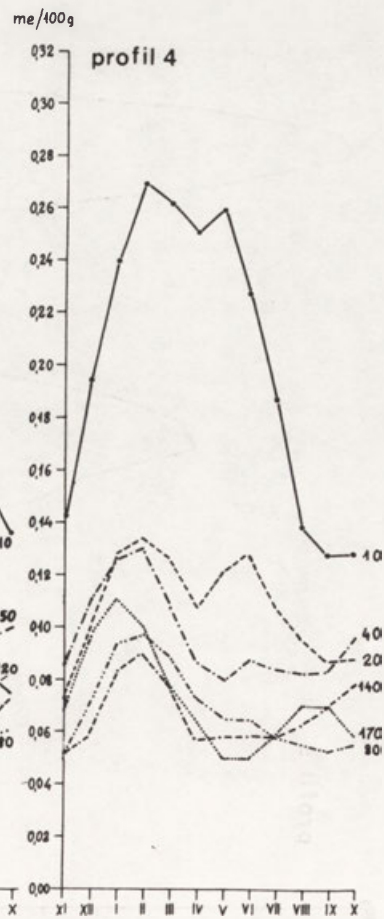
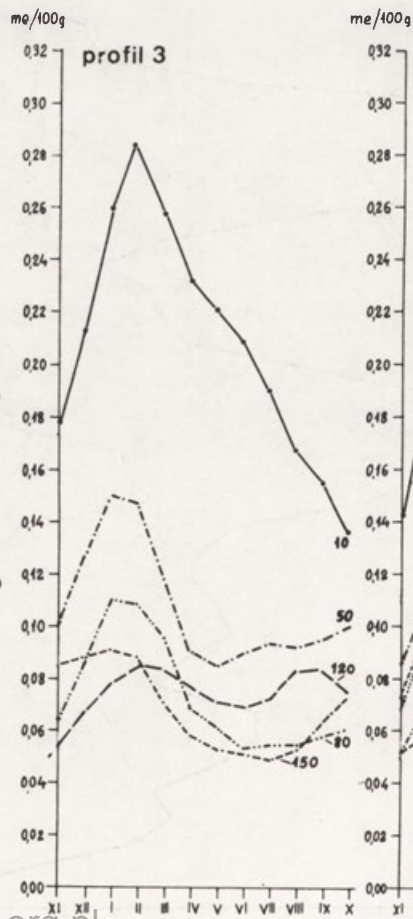
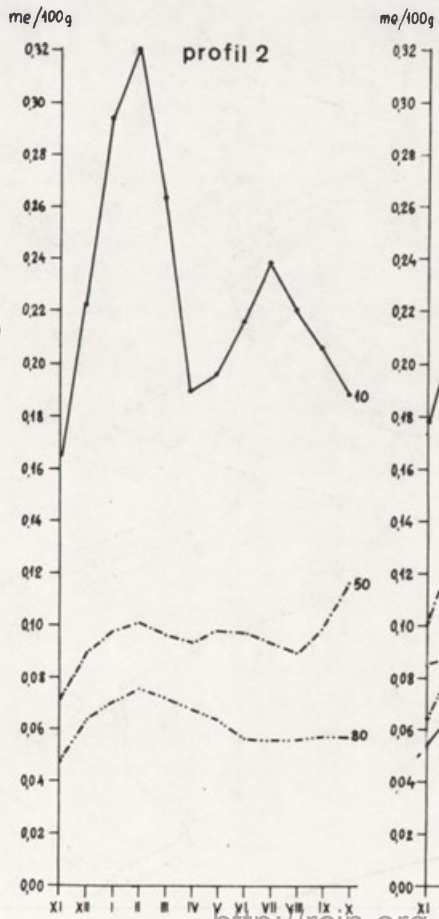
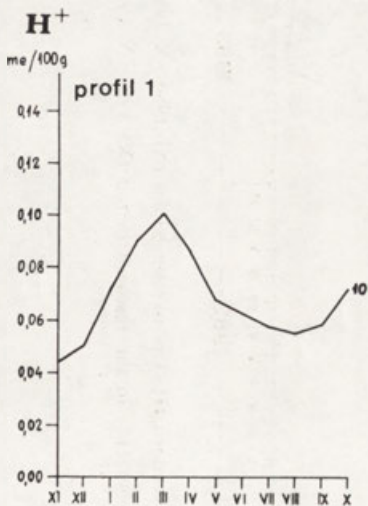


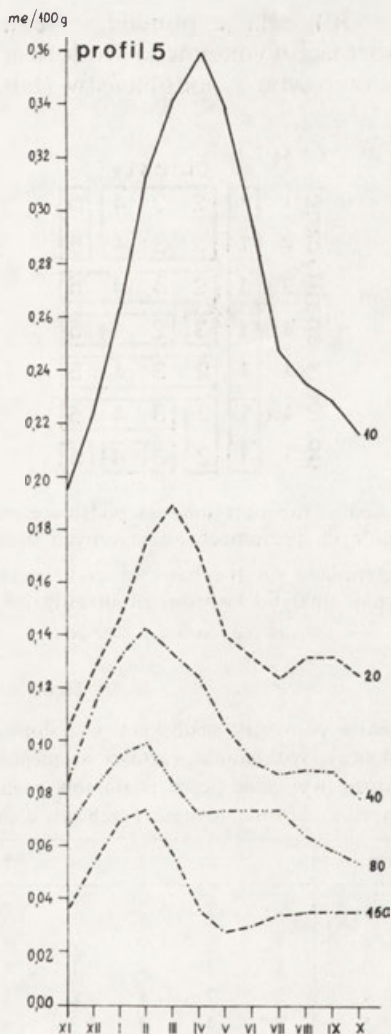






Ryc. 28. Dynamika wymiennego wodoru ( $H^+$ ) w okresie badań (XI 1980–X 1983)  
Dynamics of exchangeable hydrogen ( $H^+$ ) in the research period (XI 1980–X 1983)





Ryc. 29. Średni roczny rozkład wymiennego wodoru określony na podstawie trzech lat obserwacji (XI 1980 – X 1983)

Mean annual distribution of exchangeable hydrogen determined on the basis of three years study (XI 1980 – X 1983)

grądów i świetlistej dąbrowy wykształconych na glebach automorficznych.

Grupa druga nie stanowi jednorodnej wewnętrznie jednostki statystycznej. Zależnie od poziomu analitycznego, charakteryzuje się istotnym zróżnicowaniem na pewną liczbę elementów (subgrup). W poziomie pierwszym i drugim samodzielną jednostką jest siedlisko świetlistej dąbrowy, w trzecim – typowy grąd, w czwartym – niski grąd, a w piątym – niski grąd i świetlista dąbrowa.

Pełną charakterystykę zróżnicowania badanych siedlisk przedstawiono za

pomocą diagramu (ryc. 30), relacje pomiędzy siedliskami wyrażone liczbą istotnych różnic w zawartości wymiennego wodoru w poszczególnych poziomach, prezentuje macierz różnic i podobieństw (tab. 31).

$H^+$

		obiekty <sup>y</sup>				
poziomy analityczne <sup>x</sup>	1	1	2	3	4	5
	2	1	2	3	4	5
	2a	1	2	3	4	5
	3	1	3	2	4	5
	4	1	2	3	4	5
	4a	1	2	3	4	5
	5	1	2	3	4	5

Ryc. 30. Różnice pomiędzy siedliskami określone na podstawie rozkładu wymiennego wodoru w poszczególnych poziomach analitycznych badanych gleb

Differences between sites determined on the basis of exchangeable hydrogen distribution in particular analytic horizons of investigated soils

x – analytic horizons, y – objects.

Tabela 31

Różnice pomiędzy siedliskami określone na podstawie rozkładu zawartości wymiennego wodoru (wyrażone liczbą poziomów analitycznych o istotnie różnym przebiegu cechy)

Profil	1	2	3	4	5
1	×	7	7	7	7
2	7	×	3	2	4
3	7	3	×	1	4
4	7	2	1	×	3
5	7	4	4	3	×

WYMIENNY GLIN (AL<sup>+++</sup>)

### Zmienność czasowa

W okresie badań sezonowa dynamika wymiennego glinu charakteryzowała się umiarkowaną zmiennością. Współczynnik zmienności określony dla całej serii obserwacji wynosił w poziomach mineralno-próchnicznych gleb automorficznych około 20%, tylko w glebie brunatnej gruntowo-glejowej (profil 2) był wyższy i wynosił około 45%. Największe zróżnicowanie w zawartości glinu wymiennego wystąpiło w glebie semihydrycznej ponad 90% (tab. 32).

Podobne wartości współczynnika otrzymano porównując średnią zawartość wymiennego (ruchomego) glinu w poszczególnych latach obserwacji, od około 4 do 35% w przypadku gleb automorficznych i ponad 90% w glebie



Tabela 32

Wartości współczynnika zawartości glinu wymiennego w latach 1981–1983  
oraz średnie różnice pomiędzy poszczególnymi latami obserwacji

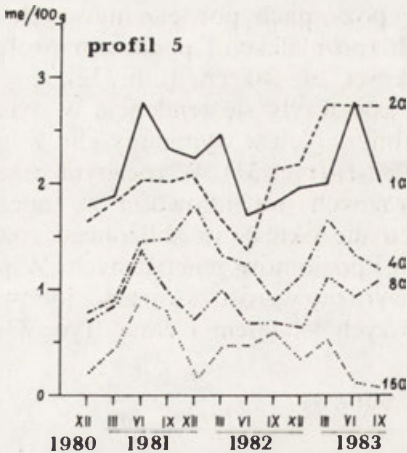
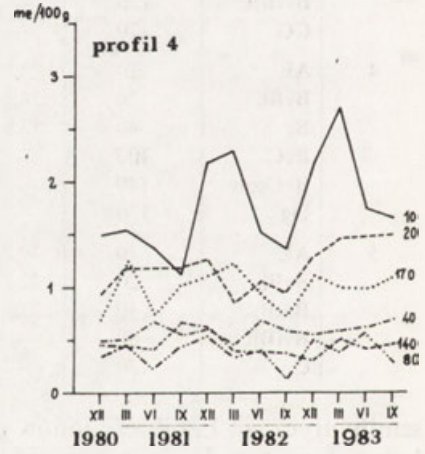
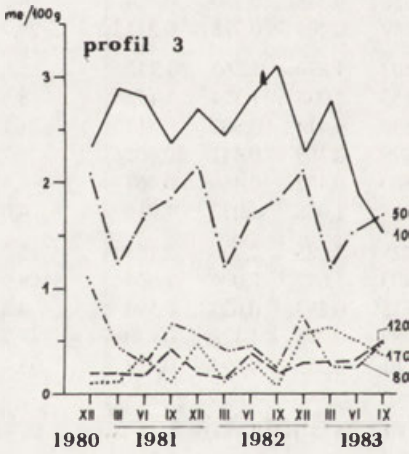
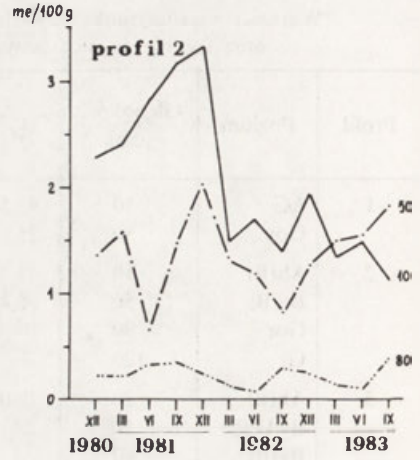
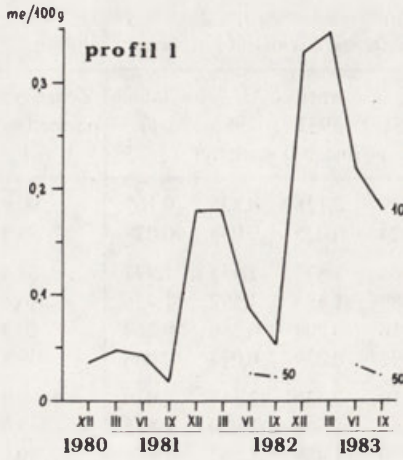
Profil	Poziom	Głębokość (cm)	$V_z$	Średnia zawartość $Al^{+++}$ w latach				Zróżnicowanie pomiędzy latami $V_z$
				1981	1982	1983	$\bar{m}$	
1	AG	10	93,5	0,039	0,128	0,335	0,167	90,9
	Gor	50	25,8	0,024	0,025	0,038	0,029	26,9
2	Ah(B)	10	45,7	2,704	1,873	1,355	1,977	34,4
	Bv(B)	50	36,4	1,289	1,488	1,592	1,456	10,6
	Gor	80	—	0,316	0,209	0,268	0,264	20,3
	Gr	120	—	0,092	0,039	0,073	0,068	39,5
3	Ah(B)	10	18,0	2,610	2,530	2,117	2,419	10,9
	BvAk(B)	50	29,2	1,661	1,564	1,620	1,615	3,0
	Bv(B)	80	—	1,289	1,488	1,592	1,456	10,6
	Bv(B)C	120	—	0,256	0,365	0,350	0,324	18,2
	CG	170	—	0,189	0,205	0,318	0,237	29,7
4	AE	10	24,7	1,403	1,870	1,862	1,712	15,6
	BvBh	20	24,1	1,153	1,034	1,324	1,171	8,5
	Bv	40	13,8	0,630	0,414	0,502	0,513	21,1
	BvC	100	—	0,399	0,363	0,441	0,401	9,7
	BvCcon	140	—	0,500	0,452	0,450	0,467	6,1
	Dg	170	—	0,968	1,038	1,037	1,015	4,0
5	AE	10	19,2	2,228	2,025	2,206	2,153	5,2
	BvBh	20	22,7	1,903	1,682	2,006	1,864	8,9
	Ba(B)	40	23,4	0,578	0,583	0,623	0,594	4,2
	Bv(B)C	80	—	0,987	0,795	1,128	0,970	17,2
	C	150	—	0,591	0,355	0,293	0,413	38,4

semihydrycznej. Labilność jonów glinu nie była jednakowa w całym profilach i charakteryzowała się dużym zróżnicowaniem pionowym. Najsilniejsze zmiany w zawartości  $Al^{+++}$  zachodziły w poziomach powierzchniowych (poza profilem 5) oraz skałach macierzystych (poza ilastym podłożem profilu 4), najłagodniej zaś zaznaczały się na głębokości 20–40 cm (tab. 32).

W czasie trzech lat obserwacji nie zaznaczyły się tendencje w dynamice rozkładu cech. Największa średnia zasobność gleb w wymienny glin wystąpiła w 1981 r. i 1983 r., a najmniejsza w 1982 r. (ryc. 31). W rocznym przebiegu zjawiska nie stwierdzono również wyraźnych prawidłowości w zmienności sezonowej cechy. W żadnej z pór roku nie określono zbliżonego rozkładu zawartości  $Al^{+++}$  dla wszystkich profili i poziomów genetycznych. W powierzchniowych poziomach genetycznych, wyraźny wzrost zawartości jonów glinu zaznaczył się wiosną (marzec), w głębszych — latem i zimą (ryc. 33).

### Rozkład pionowy

We wszystkich badanych glebach największą zawartością wymiennego glinu charakteryzowały się poziomy próchniczno-mineralne, w których była ona średnio trzy-czterokrotnie większa aniżeli w poziomach mineralnych.

Al<sup>+++</sup>

Ryc. 31. Sezonowa zmienność wymiennego glinu w okresie badań (XI 1980–X 1983)  
Seasons dynamics of exchangeable aluminium in the research period (XI 1980–X 1983)

Najsilniejsze zróżnicowanie pomiędzy powierzchnią gleby a poziomami genetycznymi położonymi głębiej występowało w okresie wiosennym.

Średni roczny przebieg zjawiska w poszczególnych profilach wskazuje, że pionowy rozkład cechy jest odwrotnie proporcjonalny do głębokości, co oznacza zmniejszenie się zasobności gleb w wymienny glin wraz ze wzrostem głębokości. Z głębokością zmniejszają się również różnice w natężeniu zjawiska pomiędzy dwoma poziomami (ryc. 31).

### Zróżnicowanie siedlisk

Na podstawie analizy statystycznej stwierdzono, że zawartość wymiennego glinu w badanych glebach jest cechą różnicującą katę na dwie podstawowe homogeniczne grupy siedlisk: jednoelementową – łągu jesionowo-olszowego na glebie semihydrycznej; czteroelementową – grądów i świetlistej dąbrowy, wykształconych na glebach automorficznych.

Grupa druga nie stanowi jednorodnej wewnętrznie jednostki statystycznej. Od drugiego poziomu analitycznego następuje statystycznie istotne wyodrębianie się podgrupy – siedliska świetlistej dąbrowy. W głębszych częściach profili średnia zasobność gleb w  $Al^{+++}$  jest jeszcze bardziej zróżnicowana pomiędzy poszczególnymi profilami. W poziomie skał macierzystych każde z badanych siedlisk można uznać jako odrębną jednostkę z uwagi na zawartość omawianych jonów.

Pełną charakterystykę dyferencjacji badanych siedlisk przedstawiono na diagramie (ryc. 32), a relacje pomiędzy poszczególnymi glebami wyrażone liczbą różnic w poziomach analitycznych prezentuje macierz różnic i podobieństw (tab. 33).

		$Al^{+++}$ obiekty <sup>y</sup>				
poziomy analityczne <sup>x</sup>	1	1	2	3	4	5
	2	1	2	3	4	5
	2 a	1	2	5	4	3
	3	1	2	5	3	4
	4	1	2	3	4	5
	4 a	1	2	3	4	5
	5	1	2	3	4	5

Ryc. 32. Różnice pomiędzy siedliskami określone na podstawie rozkładu wymiennego glinu w poszczególnych poziomach analitycznych badanych gleb

Differences between sites determined on the basis of exchangeable aluminium distribution in particular analytic horizons of investigated soils

x – analytic horizons, y – objects.

Tabela 33

Różnice pomiędzy siedliskami określone na podstawie rozkładu zawartości wymiennego glinu (wyrażone liczbą poziomów analitycznych o istotnie różnym przebiegu cechy)

Profil	1	2	3	4	5
1	×	7	7	7	7
2	7	×	4	4	4
3	7	4	×	1	6
4	7	4	1	×	6
5	7	4	6	6	×

#### KWASOWOŚĆ WYMIENNA ( $H_w$ )

#### Zmienność czasowa

W czasie trzech lat badań, sezonowa dynamika kwasowości wymiennej charakteryzowała się umiarkowaną zmiennością. W poziomach powierzchniowych gleb automorficznych współczynnik zmienności określony dla całej serii pomiarów wynosił około 20%, jedynie w glebie brunatnej gruntowo-glejowej wartość jego była wyższa i przekroczyła 40%. Największym zróżnicowaniem w dynamice kwasowości wymiennej charakteryzowała się gleba semihydryczna – około 76% (tab. 34).

Znacznie mniejsze wartości współczynnika zmienności otrzymano porównując różnice w przebiegu zjawiska pomiędzy poszczególnymi latami. Wynosiły one od 2 do około 50% w glebach automorficznych i około 70% w madzie próchnicznej. W trzyletniej serii badań nie zaznaczyły się jednak zmiany w przebiegu kwasowości wymiennej. W większości poziomów genetycznych najwyższą średnią roczną wartość zjawiska odnotowano w 1983 r. Najsilniej wzrost ten zaznaczył się w poziomach glejowych badanych gleb (tab. 34).

W dynamice zjawiska nie stwierdzono również wyraźnie zaznaczającej się rytmiki sezonowej. W większości poziomów genetycznych, szczególnie powierzchniowych, zaznaczył się wzrost wiosenny (marzec) oraz jesienny (wrzesień) – ryc. 34.

Rozkład średnich sezonowych wartości kwasowości wymiennej w poszczególnych profilach glebowych, obliczonych na podstawie trzyletniej serii nadań, przedstawia rycina 33.

#### Rozkład pionowy

We wszystkich badanych glebach największą kwasowością wymienną charakteryzowały się poziomy mineralno-próchniczne, w których była ona średnio dwu-, trzykrotnie większa niż w poziomach mineralnych. Pionowy rozkład cechy w poszczególnych profilach wskazuje, że jej wartości są odwrotnie proporcjonalne do głębokości, tzn. wraz ze wzrostem głębokości

Tabela 34

Wartość współczynnika zmienności kwasowości wymiennej w latach 1981–1983 oraz średnie różnice pomiędzy poszczególnymi latami obserwacji

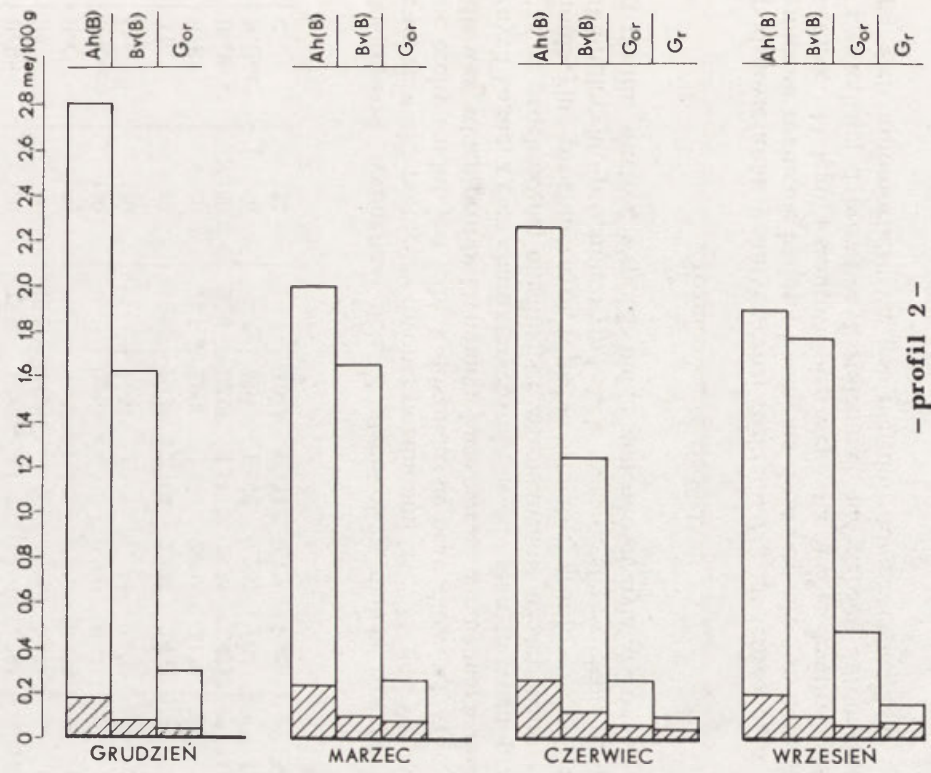
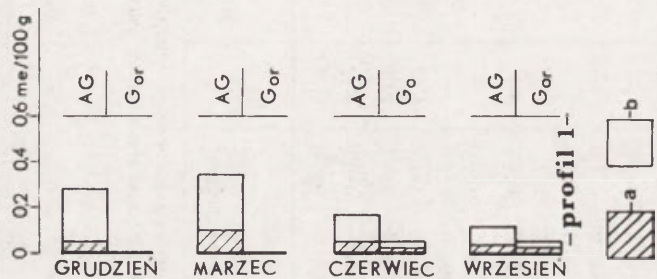
Profil	Poziom	Głębokość (cm)	$V_z$	Średnie wartości $H_w$ w latach				Zróżnicowanie pomiędzy latami $V_z$
				1981	1982	1983	$\bar{m}$ (me/100 g gleby)	
1	AG	10	76,5	0,086	0,199	0,401	0,229	69,7
	Gor	50	21,4	0,046	0,050	0,049	0,048	4,3
2	Ah(B)	10	40,4	2,878	2,086	1,618	2,194	29,0
	Bv(B)	50	21,9	1,381	2,609	1,659	1,550	9,6
	Gor	80	—	0,373	0,290	0,314	0,326	13,1
	Gr	120	—	0,091	0,083	0,201	0,125	58,2
3	Ah(B)	10	16,9	2,874	2,722	2,382	2,641	10,7
	BvAk(B)	50	28,3	1,734	1,657	1,733	1,708	2,6
	Bv(B)	80	—	0,690	0,506	0,585	0,594	15,5
	Bv(B)C	120	—	0,322	0,474	0,420	0,405	19,0
	CG	170	—	0,254	0,305	0,572	0,377	45,3
4	AE	10	20,3	1,601	2,052	1,893	1,849	12,4
	BvBh	20	23,7	1,280	1,155	1,416	1,284	10,2
	Bv	40	13,2	0,639	0,658	0,725	0,674	6,7
	BvC	100	—	0,456	0,452	0,510	0,473	6,8
	BvCcon	140	—	0,566	0,510	0,500	0,525	6,8
	Dg	170	—	1,031	1,133	1,136	1,100	5,4
5	AE	10	17,6	2,436	2,364	2,495	2,432	2,7
	BvBh	20	21,1	2,005	1,877	2,495	2,126	15,3
	Bv(B)	40	22,6	1,213	1,587	1,475	1,425	13,5
	Bv(B)C	80	—	1,041	0,877	1,200	1,040	15,5
	C	150	—	0,643	0,434	0,328	0,468	34,2

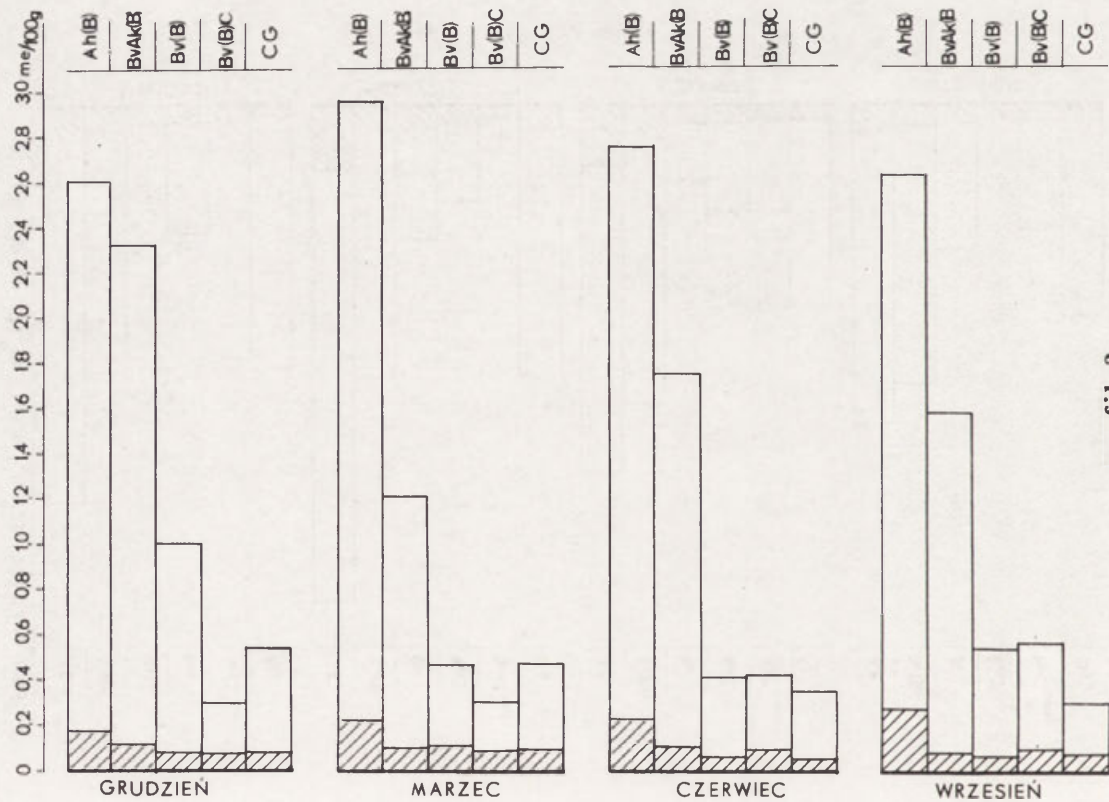
maleje kwasowość wymienna gleb. Z głębokością maleją również różnice w natężeniu zjawiska pomiędzy dwoma poziomami (ryc. 33, 34). W pionowym rozkładzie cechy trudno jest jednak doszukać się prawidłowości, które byłyby typowe dla wszystkich profili. Dynamika kwasowości wymiennej w poziomach genetycznych każdej z gleb charakteryzowała się odmiennym typem przebiegu, np. w madzie próchnicznej najsilniejsze zróżnicowanie występowało w poziomie akumulacyjno-próchnicznym, w glebie brunatnej gruntowo-glejowej w poziomie akumulacyjno-próchnicznym i skale macierzystej, w glebie rdzawej zaś w całym profilu wartość współczynnika zmienności była wyrównana.

#### Zróżnicowanie siedlisk

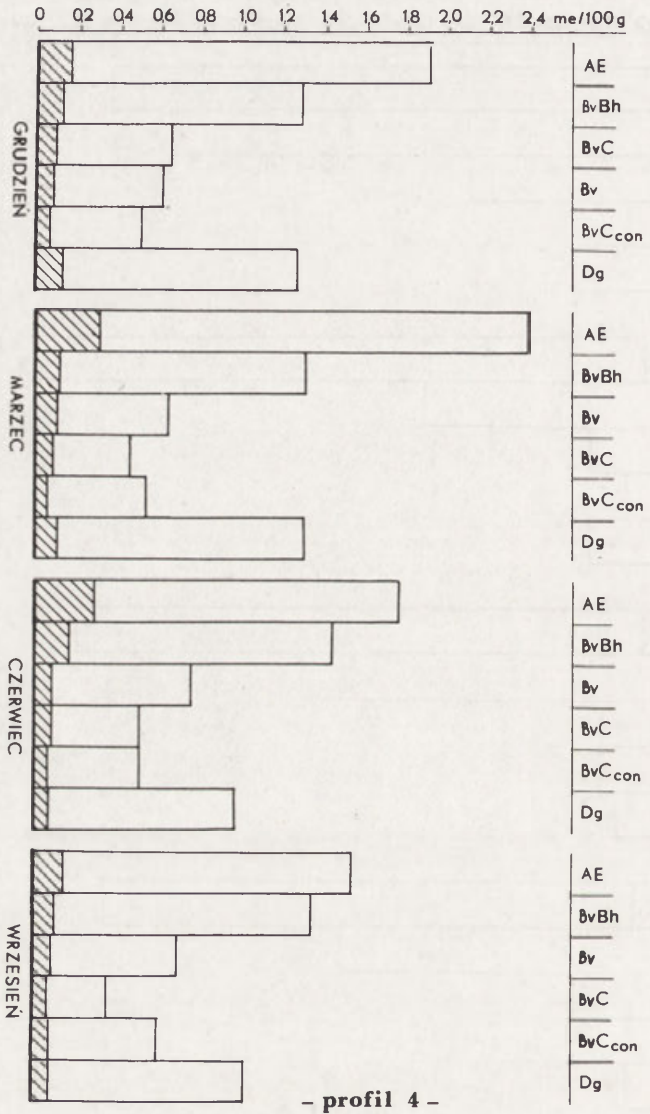
Na podstawie analizy statystycznej rozkładu  $H_w$  stwierdzono, że kwasowość wymienna różnicuje badaną katnę na dwie podstawowe homogeniczne grupy siedlisk: 1) łągu jesionowo-olszowego na glebie semihydrycznej; 2) grądów i świetlistej dąbrowy wykształconych na glebach automorficznych.

Grupa gleb automorficznych jest niejednorodna wewnętrznie i już od



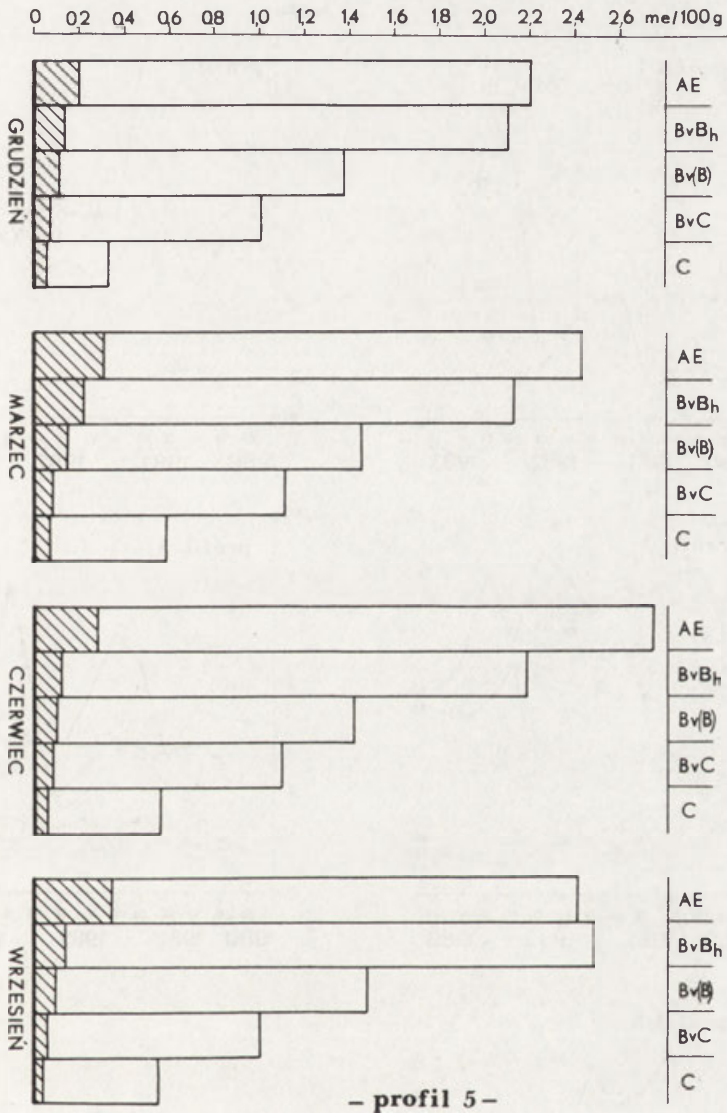


- profil 3 -



- profil 4 -





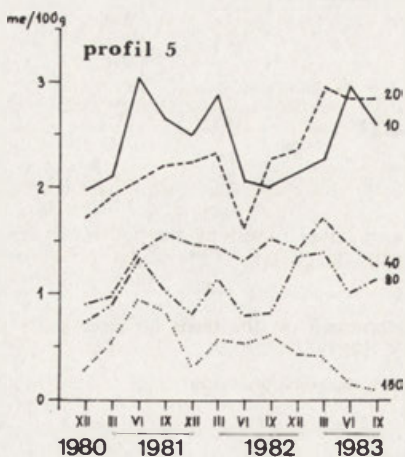
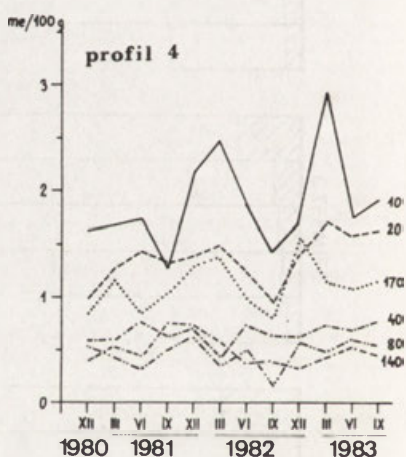
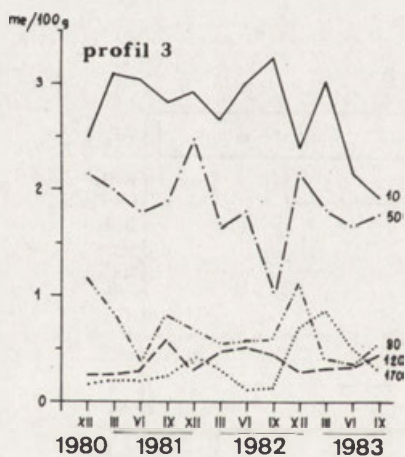
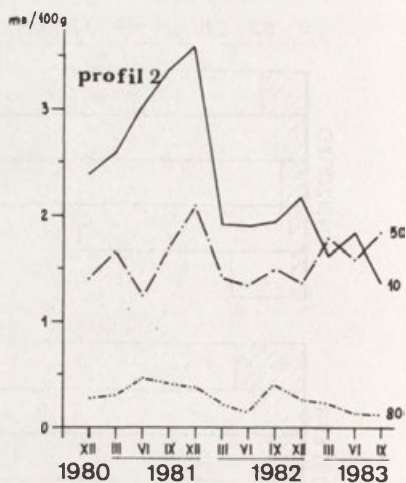
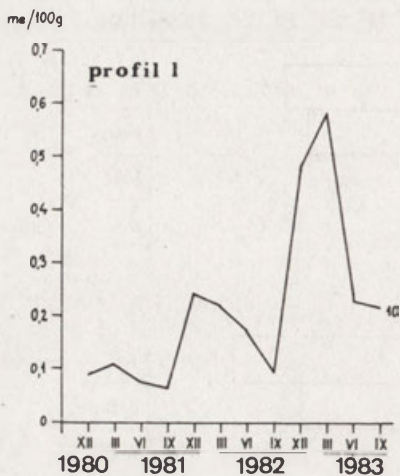
Ryc. 33. Średni sezonowy rozkład kwasowości wymiennej określony na podstawie trzech lat obserwacji (XI 1980–X 1983)

a – wymienny wodór, b – wymienny glin

Mean seasons dynamics of exchange acidity determined on the basis of three years study (XI 1980–X 1983)

a – exchangeable hydrogen, b – exchangeable aluminium.

# Hw



Ryc. 34. Sezonowa zmienność kwasowości wymiennej w okresie badań (XI 1980–X 1983)  
Seasons dynamics of exchange acidity in the research period (XI 1980–X 1983)

drugiego poziomu analitycznego następuje jej podział na dwie jednostki – grądową i świetlistej dąbrowy. W poziomach głębszych wyodrębnić można dalsze istotne – statystycznie różne – podgrupy.

Charakterystykę dyferencjacji badanych siedlisk przedstawiono na diagramie (ryc. 35), relacje zaś pomiędzy poszczególnymi glebami, wyrażone ilością różnic w wartościach kwasowości wymiennej w poszczególnych poziomach, prezentuje macierz różnic i podobieństw (tab. 35).

H <sub>w</sub>	poziomy analityczne <sup>x</sup>	obiekty <sup>y</sup>				
		1	2	3	4	5
1	1	2	3	4	5	
2	1	2	3	4	5	
2a	1	2	3	5	4	
3	1	2	5	3	4	
4	1	2	3	4	5	
4a	1	2	3	4	5	
5	1	2	3	5	4	

Ryc. 35. Różnice pomiędzy siedliskami określone na podstawie rozkładu kwasowości wymiennej w poszczególnych poziomach analitycznych badanych gleb

Differences between sites determined on the basis of exchange acidity distribution in particular analytic horizons of investigated soils

x – analytic horizons, y – objects

Tabela 35

Różnice pomiędzy siedliskami określone na podstawie rozkładu kwasowości wymiennej (wyrażone liczbą poziomów analitycznych o istotnie różnym przebiegu cechy)

Profil	1	2	3	4	5
1	x	7	7	7	7
2	7	x	3	4	4
3	7	3	x	2	4
4	7	4	2	x	6
5	7	4	4	6	x

WYMIENNY WAPŃ (Ca<sup>++</sup>)

### Zmienność czasowa

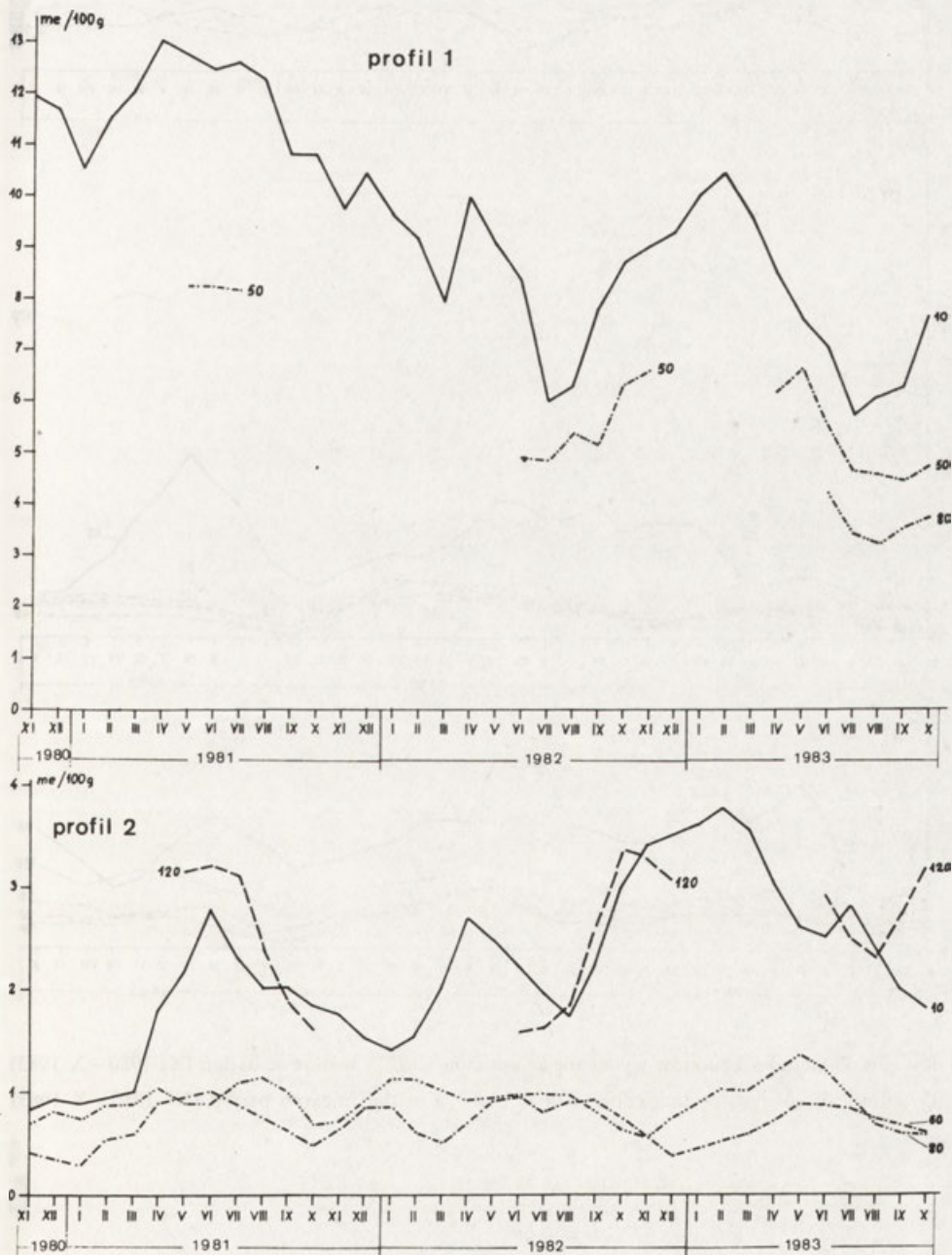
Zawartość wymiennego wapnia w badanych glebach była jedną z najmniej zmiennych w czasie cech. Współczynnik zmienności dla trzyletniej serii obserwacji wynosił od około 50% w poziomach akumulacyjno-próchnicznych gleb automorficznych do około 30% w skałach macierzystych tych gleb. W madzie próchnicznej zmienność cechy była jeszcze mniejsza (tab. 36).

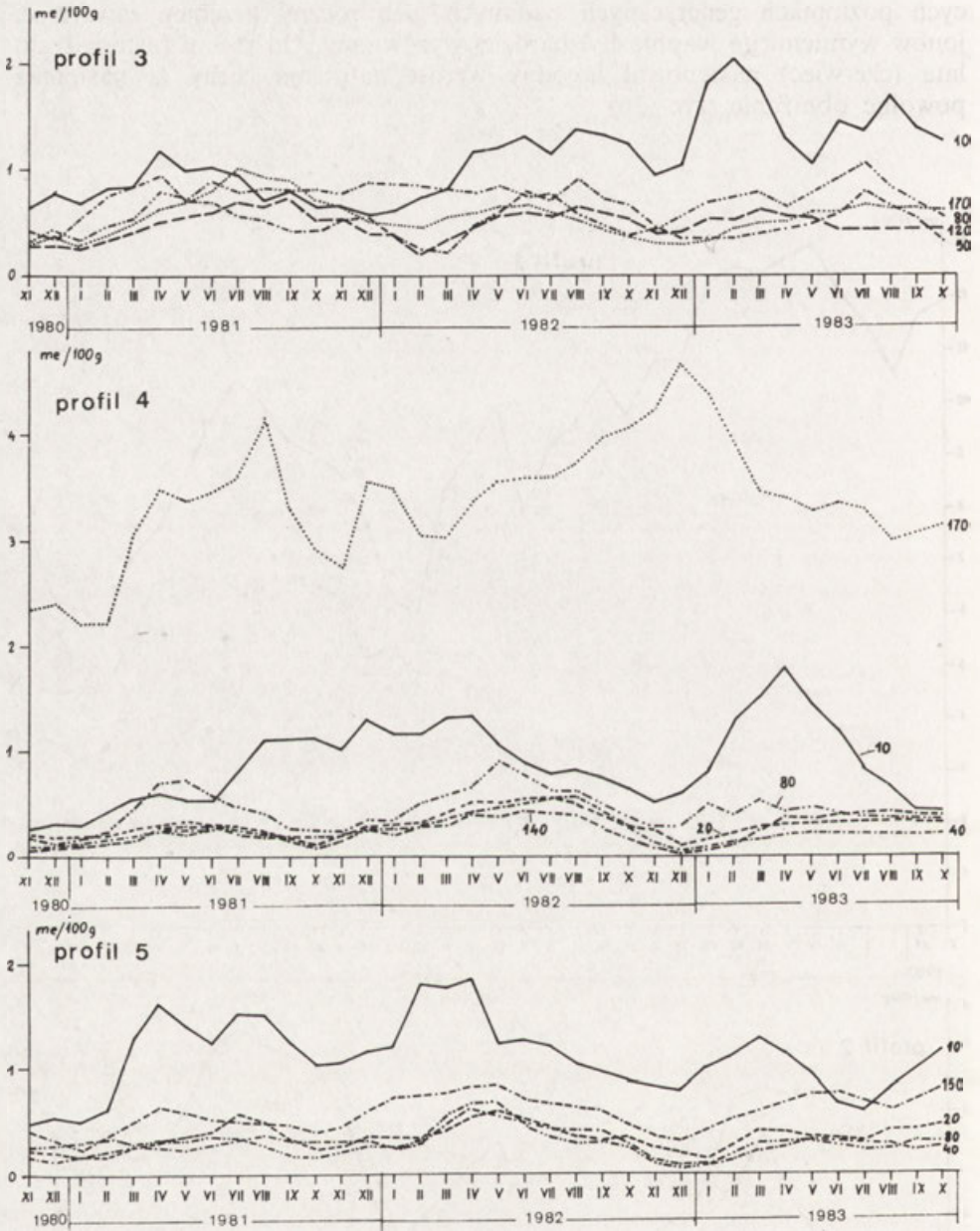
Wartość współczynnika zmienności wymiennego wapnia w latach 1981 – 1983 oraz średnie różnice pomiędzy poszczególnymi latami obserwacji

Profil	Poziom	Głębokość (cm)	$V_z$	Średnia zawartość $Ca^{++}$ w latach				Zróżnicowanie pomiędzy latami $V_z$
				1981	1982	1983	$\bar{m}$	
1	AG	10	29,3	11,740	8,782	8,077	9,533	20,4
	Gor	50	29,2	7,415	5,368	5,594	6,126	18,3
2	Ah(B)	10	55,8	1,542	2,903	2,963	2,170	33,4
	Bv(B)	50	43,9	0,650	0,793	0,614	0,686	13,8
	Gor	80	36,0	0,967	0,904	0,849	0,907	6,5
	Gr	120	39,3	2,227	1,787	2,921	2,312	24,7
3	Ah(B)	10	59,8	0,788	1,002	1,425	1,071	30,3
	BvAk(B)	50	54,5	0,570	0,583	0,464	0,539	12,1
	Bv(B)	80	34,8	0,660	0,729	0,759	0,716	7,1
	Bv(B)C	120	37,9	0,632	0,561	0,594	0,582	7,4
	CG	170	36,7	0,552	0,494	0,538	0,528	5,7
4	AE	10	58,1	0,593	1,075	0,946	0,871	28,6
	BvBh	20	56,5	0,225	0,398	0,233	0,285	34,3
	Bv	40	64,8	0,200	0,394	0,261	0,285	34,8
	BvC	100	46,5	0,227	0,350	0,279	0,285	21,7
	BvCcon	140	53,7	0,375	0,514	0,427	0,438	16,0
	Dg	170	27,3	3,232	3,608	3,716	3,519	7,2
5	AE	10	60,4	1,087	1,370	0,914	1,124	20,5
	BvBh	20	53,9	0,287	0,384	0,315	0,329	15,2
	Bv(B)	40	61,3	0,250	0,418	0,197	0,288	40,1
	Bv(B)C	80	59,8	0,274	0,457	0,212	0,314	40,6
	C	150	34,1	0,454	0,677	0,590	0,573	19,6

Małe różnice w zasobności gleb w  $Ca^{++}$  wystąpiły również pomiędzy poszczególnymi latami obserwacji, od około 20–30% w poziomach powierzchniowych do około 5–7% w skałach macierzystych (tab. 36). W większości poziomów genetycznych największą zawartość wymiennego wapnia zanotowano w 1982 r., ale w żadnym z nich nie stwierdzono tendencji zmian zjawiska. Zaznaczyła się natomiast roczna rytmika sezonowa, z tym że przebiegała ona inaczej w części powierzchniowej gleby, a inaczej w poziomach mineralnych. W poziomie akumulacyjno-próchnicznym gleb automorficznych wyróżnić można dwa okresy wzrostu zawartości jonów wymiennego wapnia z kulminacją wiosenną (luty–marzec) i letnią (sierpień) oraz dwa okresy charakteryzujące się spadkiem zasobności  $Ca^{++}$ , z dwoma minimami: wczesnoletnim (czerwiec–lipiec) oraz jesiennym (październik–listopad). W poziomie próchnicznym gleby semihydrycznej występowało jedno wyraźne maksimum zawartości  $Ca^{++}$  przypadające na miesiące wiosenne (luty–kwiecień) oraz minimum w miesiącach letnich (lipiec, sierpień). Różnice w natężeniu zjawiska były wysokie i sięgały 100%. Średnia zawartość kationów  $Ca^{++}$  wynosiła od 10,5 me/100g gleby wiosną do 5,8 me/100 g gleby latem. W głębiej zalegają-

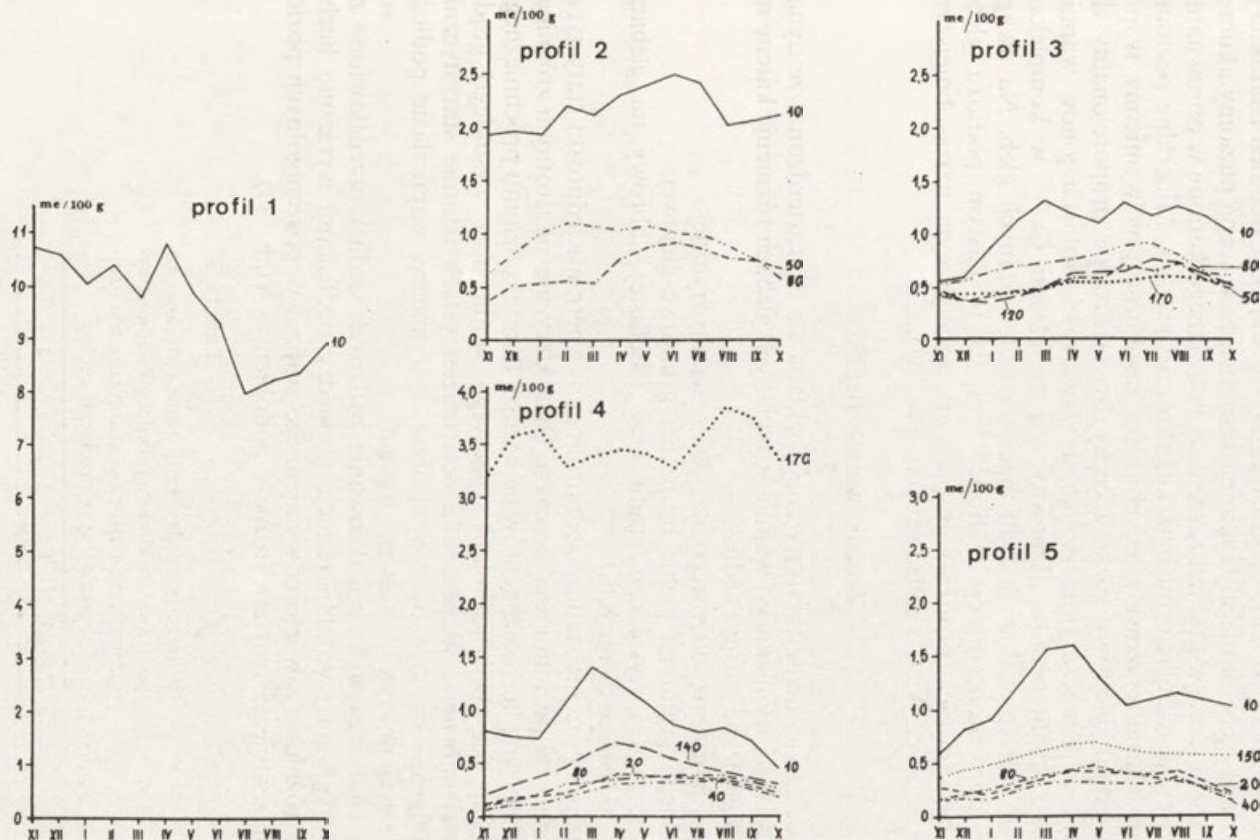
cych poziomach genetycznych badanych gleb roczny przebieg zawartości jonów wymiennego wapnia był bardziej wyrównany. Od jesieni (listopad) do lata (czerwiec) następował łagodny wzrost natężenia cechy, a następnie powolne obniżanie (ryc. 36).





Ryc. 36. Dynamika kationów wymiennego wapnia ( $\text{Ca}^{++}$ ) w okresie badań (XI 1980–X 1983)  
Dynamics of calcium exchangeable cations ( $\text{Ca}^{++}$ ) in the research period (XI 1980–X 1983)

Ca<sup>++</sup>



Ryc. 37. Średni roczny rozkład kationów wymiennego wapnia określony na podstawie trzech lat obserwacji (XI 1980–X 1983)

Mean annual calcium exchangeable cations distribution determined on the basis of three years study (XI 1980–X 1983)

## Rozkład pionowy

Zawartość jonów wymiennego wapnia w poszczególnych profilach glebowych była stosunkowo mało zróżnicowana. Od wartości średnich charakteryzujących daną glebę odbiegały tylko najzasobniejsze w wapń poziomy akumulacyjno-próchniczne, w których zawartość omawianego kationu w porównaniu z poziomami podścielającymi była kilkakrotnie większa. Mineralne poziomy genetyczne charakteryzowały się zbliżoną zasobnością w wymienny wapń, niemniej jednak pionowy rozkład cechy był odwrotnie proporcjonalny do głębokości, co oznacza zmniejszanie się zawartości wolnych jonów wapnia w kierunku spągu profilu. Ponowny wzrost udziału  $\text{Ca}^{++}$  w kompleksie sorpcyjnym następował w skałach macierzystych badanych gleb. Na uwagę zasługuje duża koncentracja kationów wapnia w ilastym podłożu gleby rdzawej bielcowanej (profil 4) – poziomie genetycznym najzasobniejszym w  $\text{Ca}^{++}$  ze wszystkich analizowanych (ryc. 37).

## Zróżnicowanie siedlisk

Na podstawie analizy statystycznej rozkładu  $\text{Ca}^{++}$  stwierdzono, że dynamika zawartości wymiennego wapnia w badanych glebach różnicuje katenę na trzy homogeniczne grupy siedlisk:

- 1) łągu jesionowo-olszowego na glebie semihydrycznej;
- 2) niskiego grądu na glebie brunatnej gruntowo-glejowej;
- 3) typowego i wysokiego grądu oraz świetlistej dąbrowy na glebach brunatno- i bielico-ziemnych.

Ostatnia z grup nie stanowi jednorodnej wewnątrznie jednostki statystycznej i zależnie od poziomu analitycznego charakteryzuje się istotnym zróżnicowaniem na pewną liczbę elementów (subgrup). Poniżej poziomu próchnicznego wyodrębniają się dwie jednostki: typowego grądu oraz wysokiego grądu i świetlistej dąbrowy. W poziomie skał macierzystych istotnie statystycznie różną podgrupę stanowi bardzo zasobne w wymienny wapń ilaste podłożo gleby rdzawej pokrytej wysokim grądem.

Pełną charakterystykę zróżnicowania badanych siedlisk przedstawiono za pomocą diagramu (ryc. 38). Relacje pomiędzy siedliskami wyrażono liczbą istotnych różnic w zawartości wymiennego wapnia w poszczególnych poziomach; prezentuje je macierz różnic i podobieństw (tab. 37).

Tabela 37

Różnice pomiędzy siedliskami określone na podstawie rozkładu wymiennego wapnia (wyrażone liczbą poziomów analitycznych o istotnie różnym przebiegu cechy)

Profil	1	2	3	4	5
1	×	7	7	7	7
2	7	×	6	7	7
3	7	6	×	6	5
4	7	7	6	×	2
5	7	7	5	2	×



WYMIENNY MAGNEZ ( $Mg^{++}$ )

## Zmienność czasowa

W ciągu trzech lat badań zawartość wymiennego magnezu charakteryzowała się wyraźną zmiennością w czasie (ryc. 39), przy czym zmiany te miały charakter powtarzających się wahań sezonowych (bez wieloletniej tendencji zmiennej). Wartości współczynnika zmienności określone dla całej serii obserwacyjnej wynoszą: około 50% w poziomach akumulacyjno-próchnicznych, po

poziomy analityczne <sup>x</sup>	Ca <sup>++</sup> obiekty <sup>y</sup>				
	1	2	3	4	5
1	1	2	3	4	5
2	1	2	3	4	5
2a	1	2	3	4	5
3	1	2	3	4	5
4	1	2	3	4	5
4a	1	2	3	4	5
5	1	2	4	3	5

Ryc. 38. Różnice pomiędzy siedliskami określone na podstawie rozkładu kationów wymiennego wapnia w poszczególnych poziomach analitycznych badanych gleb

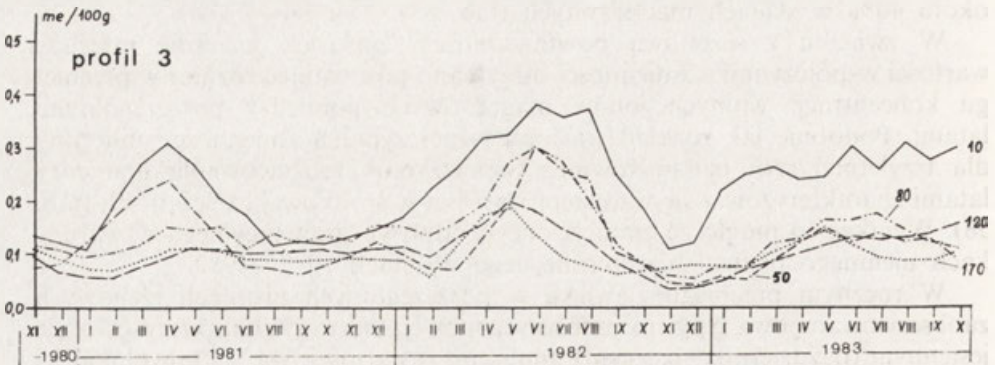
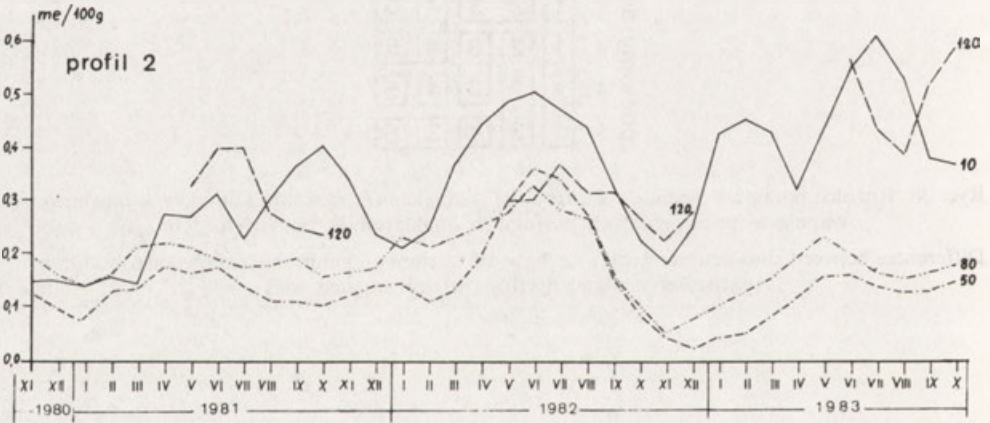
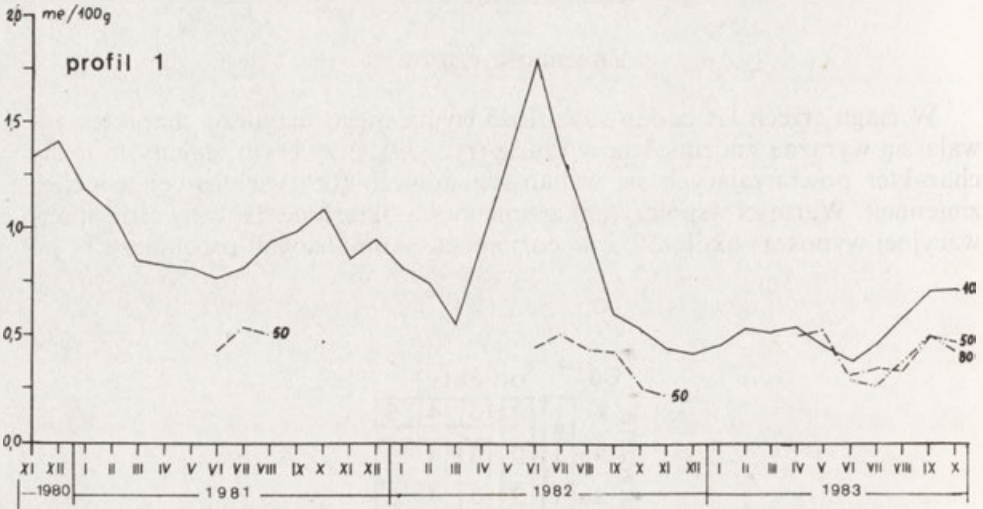
Differences between sites determined on the basis of calcium exchangeable cations distribution in particular analytic horizons of investigated soils

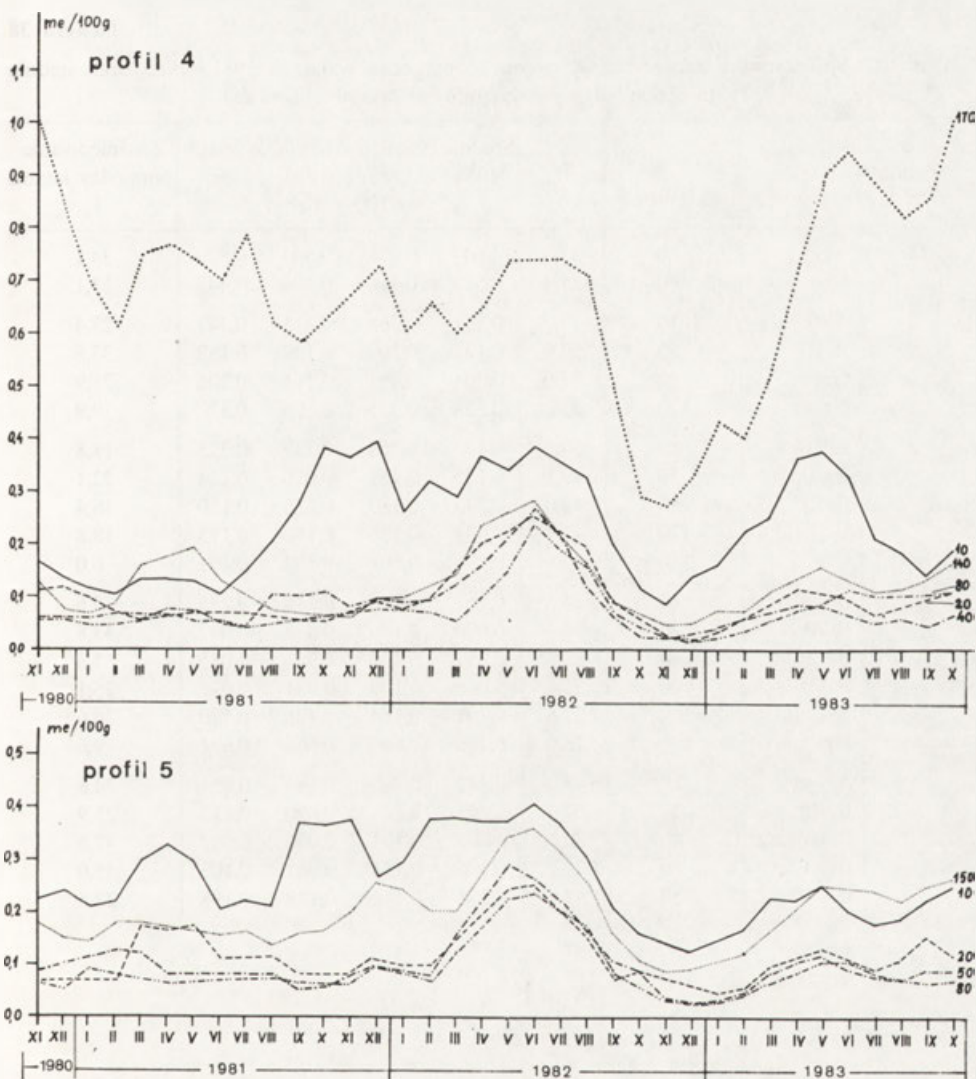
x — analytic horizons, y — objects

czym wzrastają do 70–80% w poziomach mineralnych i ponownie maleją do około 40% w skałach macierzystych (tab. 38).

W związku z sezonową powtarzalnością zjawiska, znacznie mniejsze wartości współczynnika zmienności otrzymano porównując różnice w przebiegu koncentracji wolnych jonów magnezowych pomiędzy poszczególnymi latami. Podobnie jak rozkład wartości współczynnika zmienności obliczony dla trzyletniej serii badań również współczynnik zróżnicowania pomiędzy latami charakteryzował się wzrostem wartości w środkowej części profili (tab. 38). Wynikać to mogło ze zmniejszonego odpływu grawitacyjnego w warunkach ujemnego bilansu higrotermicznego w latach 1982–1983.

W rocznym przebiegu zjawiska w poszczególnych profilach glebowych zaobserwowano dwa typy zmienności sezonowej. Pierwszy charakteryzował się jesiennym (październik–listopad) minimum zawartości  $Mg^{++}$ , powolnym jej wzrostem w miesiącach zimowych i wiosennych (maksimum na przełomie maja–czerwca) oraz letnim powolnym ich spadkiem. Rozkład taki był we wszystkich poziomach genetycznych gleb siedlisk grądu niskiego, grądu typowego, świetlistej dąbrowy oraz wysokiego grądu, z wyłączeniem poziomu





Ryc. 39. Dynamika kationów wymiennego magnezu ( $Mg^{++}$ ) w okresie badań (XI 1980 – X 1983)  
Dynamics of magnesium exchangeable cations ( $Mg^{++}$ ) in the research period (XI 1980 – X 1983)

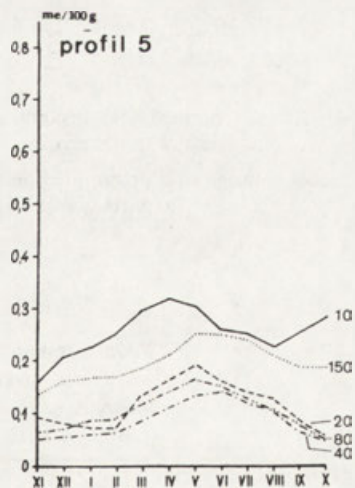
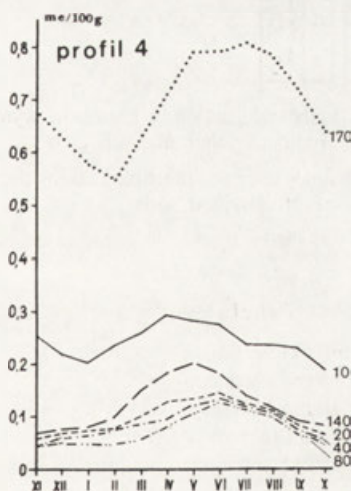
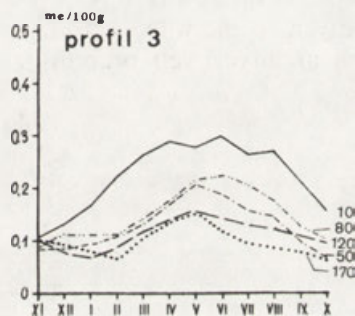
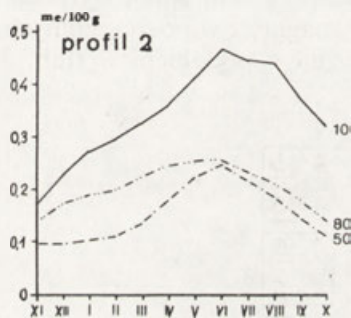
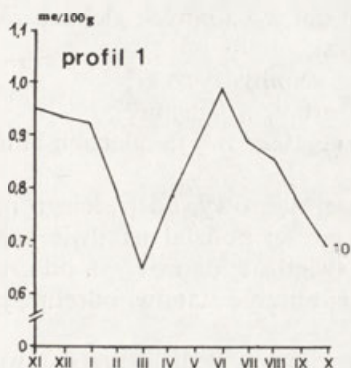
akumulacyjno-próchniczego i ilastego podłoża. Poziomy te, a także genetyczne horyzonty mady charakteryzowały się roczną dynamiką zawartości  $Mg^{++}$  wyróżniającą się dwoma maksimumami i dwoma minimumami. Obok późnowiosennego stanu największej zasobności gleb w wymienny magnez, występuje wzrost późnojesienny (listopad). Najniższa koncentracja wolnych jonów magnezowych była na przedwiośniu (luty, początek marca) oraz jesienią (październik) – rycina 39.

Wartości współczynnika zmienności wymiennego magnezu w latach 1981–1983 oraz średnie różnice pomiędzy poszczególnymi latami obserwacji

Profil	Poziom	Głębokość (cm)	$V_z$	Średnia zawartość $Mg^{++}$ w latach				Zróżnicowanie pomiędzy latami $V_z$
				1981	1982	1983	$\bar{m}$	
1	AG	10	52,0	1,007	0,978	0,503	0,829	34,1
	Gor	50	25,3	0,510	0,414	0,406	0,443	13,1
2	Ah(B)	10	49,2	0,257	0,368	0,415	0,347	23,4
	Bv(B)	50	59,9	0,138	0,209	0,109	0,152	33,8
	Gor	80	37,0	0,204	0,251	0,161	0,205	21,9
	Gr	120	51,3	0,328	0,385	0,396	0,370	9,9
3	Ah(B)	10	50,1	0,177	0,258	0,239	0,225	18,8
	BvAk(B)	50	69,1	0,125	0,151	0,096	0,124	22,1
	Bv(B)	80	48,0	0,143	0,180	0,126	0,150	18,4
	Bv(B)C	120	41,7	0,094	0,136	0,110	0,113	18,8
	CG	170	39,8	0,095	0,107	0,102	0,101	6,0
4	AE	10	54,5	0,161	0,326	0,219	0,235	35,6
	BvBh	20	74,4	0,070	0,146	0,075	0,097	43,8
	Bv	40	84,8	0,059	0,145	0,051	0,085	61,3
	BvC	100	75,1	0,055	0,109	0,071	0,079	35,1
	BvCcon	140	62,6	0,101	0,154	0,105	0,120	24,6
	Dg	170	35,0	0,766	0,640	0,666	0,691	9,6
5	AE	10	48,3	0,272	0,307	0,184	0,254	24,8
	BvBh	20	67,6	0,105	0,146	0,090	0,112	25,9
	Bv(B)	40	83,6	0,065	0,134	0,060	0,087	47,5
	Bv(B)C	80	72,2	0,086	0,155	0,067	0,103	45,0
	C	150	43,9	0,158	0,246	0,189	0,198	22,5

### Rozkład pionowy

Pionowy rozkład zawartości wymiennego magnezu we wszystkich analizowanych profilach glebowych miał zbliżony przebieg. Charakteryzował się znacznym zróżnicowaniem zasobności w  $Mg^{++}$  poszczególnych poziomów genetycznych. Najzasobniejsze w jony wymiennego magnezu były poziomy akumulacyjno-próchniczne, a następnie poziomy spągowe – skały macierzyste. Zawartość omawianych kationów wymiennych była w nich dwu-, trzykrotnie wyższa niż w pozostałych poziomach, a w przypadku ilastego podłoża w profilu 4 – blisko siedmiokrotnie. Pozostałe poziomy genetyczne w poszczególnych glebach charakteryzowały się bardziej wyrównanym rozkładem cechy (ryc. 40).

**Mg<sup>++</sup>**

Ryc. 40. Średni roczny rozkład kationów wymiennego magnezu określony na podstawie trzech lat obserwacji (XI 1980–X 1983)

Mean annual magnesium exchangeable cations distribution determined on the basis of three years study (XI 1980–X 1983)

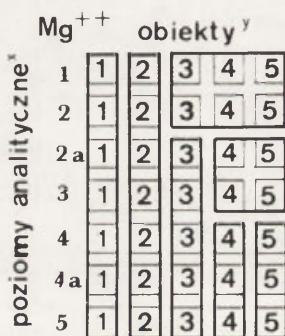
## Zróźnicowanie siedlisk

Na podstawie analizy statystycznej rozkładu kationów  $Mg^{++}$  stwierdzono, że dynamika zawartości wymiennego magnezu w badanych glebach różnicuje katenę na trzy homogeniczne grupy siedlisk:

- 1) łągu jesionowo-olszowego na glebie semihydrycznej;
- 2) niskiego grądu na glebie brunatnej gruntowo-glejowej;
- 3) typowego, wysokiego grądu i świetlistej dąbrowy na glebach automorficznych.

W grupie siedlisk grądowych i świetlistej dąbrowy, od trzeciego poziomu analitycznego następuje istotny statystycznie jej podział na dwie subgrupy: typowego grądu oraz wysokiego grądu – świetlistej dąbrowy, a od czwartego poziomu analitycznego każde siedlisko w jej obrębie stanowi odrębną jednostkę statystyczną.

Pełną charakterystykę zróźnicowania badanych siedlisk przedstawiono za pomocą diagramu (ryc. 41), relacje zaś pomiędzy siedliskami wyrażone liczbą istotnych różnic w zawartości wymiennego magnezu w poszczególnych poziomach analitycznych prezentuje macierz różnic i podobieństw (tab. 39).



Ryc. 41. Różnice pomiędzy siedliskami określone na podstawie rozkładu kationów wymiennego magnezu w poszczególnych poziomach analitycznych badanych gleb

Differences between sites determined on the basis of magnesium exchangeable cations distribution in particular analytic horizons of investigated soils

x – analytic horizons, y – objects

Tabela 39

Różnice pomiędzy siedliskami określone na podstawie rozkładu zawartości wymiennego magnezu (wyrażone liczbą poziomów analitycznych o istotnie różnym przebiegu cechy)

Profil	1	2	3	4	5
1	x	7	7	7	7
2	7	x	7	7	7
3	7	7	x	5	5
4	7	7	5	x	3
5	7	7	5	3	x

WYMIENNY POTAS ( $K^+$ )

## Zmienność czasowa

Zawartość wymiennego potasu wahała się w glebach badanych siedlisk w stosunkowo szerokim zakresie wartości (ryc. 42). Współczynnik zmienności określony dla trzyletniego okresu badań wynosił od około 60% w poziomach akumulacyjno-próchnicznych do 70–80% w poziomach mineralnych i 30–60% w skałach macierzystych (w glejowej skale macierzystej profilu 3 – około 90%) – tabela 40.

W kolejnych latach badań, we wszystkich glebach rozkład cechy miał charakter powtarzających się rocznych zmian sezonowych, bez tendencji kierunkowych-wieloletnich zmian trendowych. Wartości współczynnika zmienności obliczone na podstawie średnich wartości zawartości  $K^+$  w poszczególnych latach wynosiły od około 10–30% w poziomach mineralno-próchnicznych od 5–7% w skałach macierzystych, wolnych od procesów glejowych. Niemniej jednak przebieg zjawiska charakteryzował się dużą labilnością i odmienną rytmiką w poszczególnych poziomach genetycznych. W poziomach akumulacyjno-próchnicznych wystąpiły wyraźne dwa okresy wzrostu zawartości wymiennego potasu: wiosenny (marzec, kwiecień) i letni (sierpień, wrzesień). W glebach najbogatszych w związki próchniczne (profile 1, 5) zaznaczył się ponadto wzrost jesienny. Najniższa zawartość wymiennego potasu w poziomach przypowierzchniowych była w lipcu.

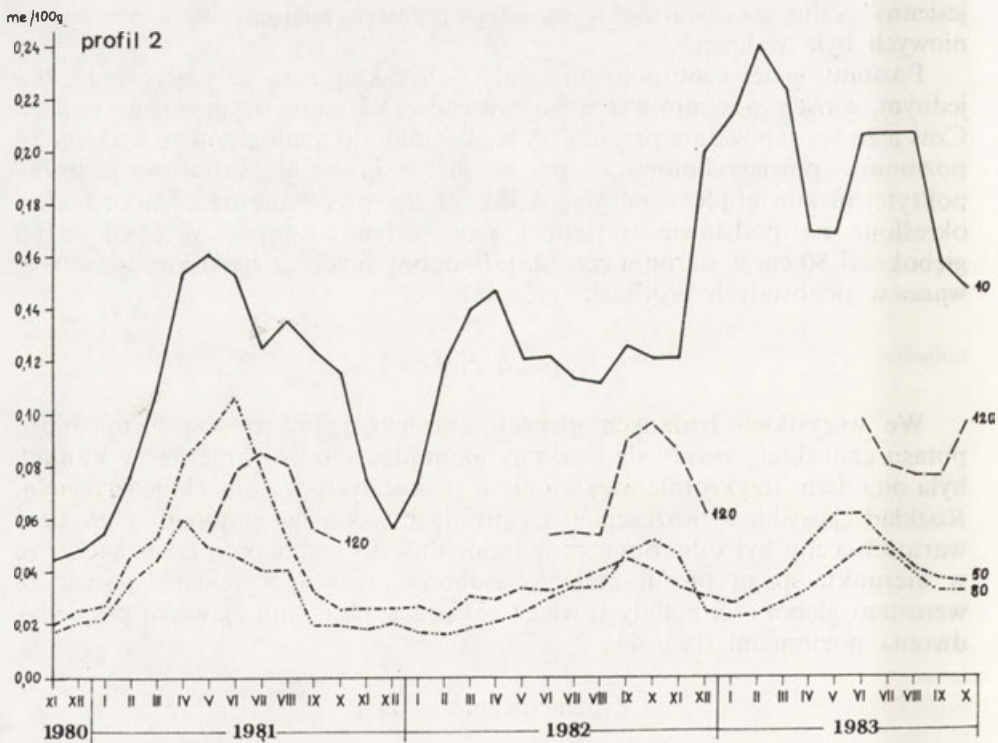
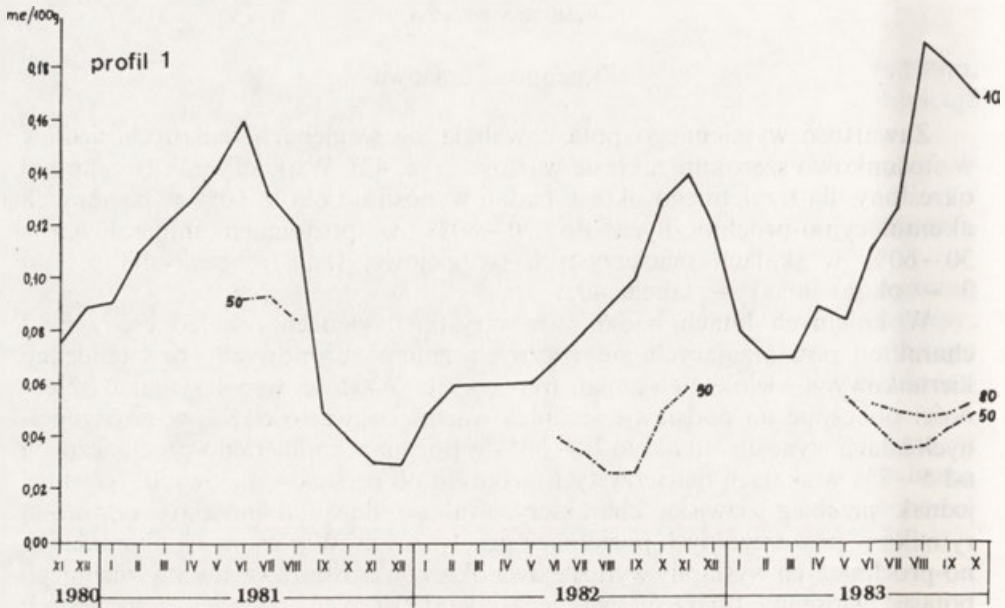
Poziomy genetyczne położone głębiej charakteryzują się najczęściej tylko jednym, wiosenno-letnim wzrostem zawartości kationów wymiennego potasu. Czas jego występowania przesunięty w stosunku do analogicznego maksimum poziomów powierzchniowych, np. w glebie brunatnej gruntowo-glejowej, pokrytej niskim grądem, na głębokości 50 cm, przeciętne maksimum roczne określone na podstawie trzyletniej serii badań wystąpiło w lipcu, a na głębokości 80 cm w sierpniu (ryc. 43). Podobny przebieg zjawiska zaobserwowano w pozostałych profilach (ryc. 43).

## Rozkład pionowy

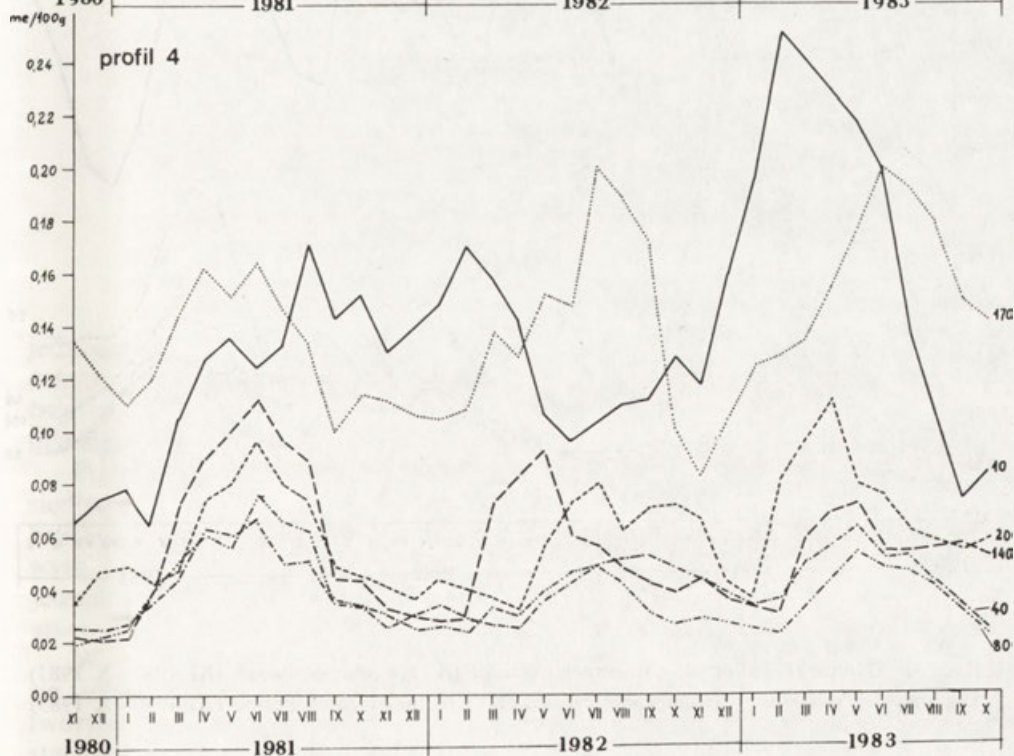
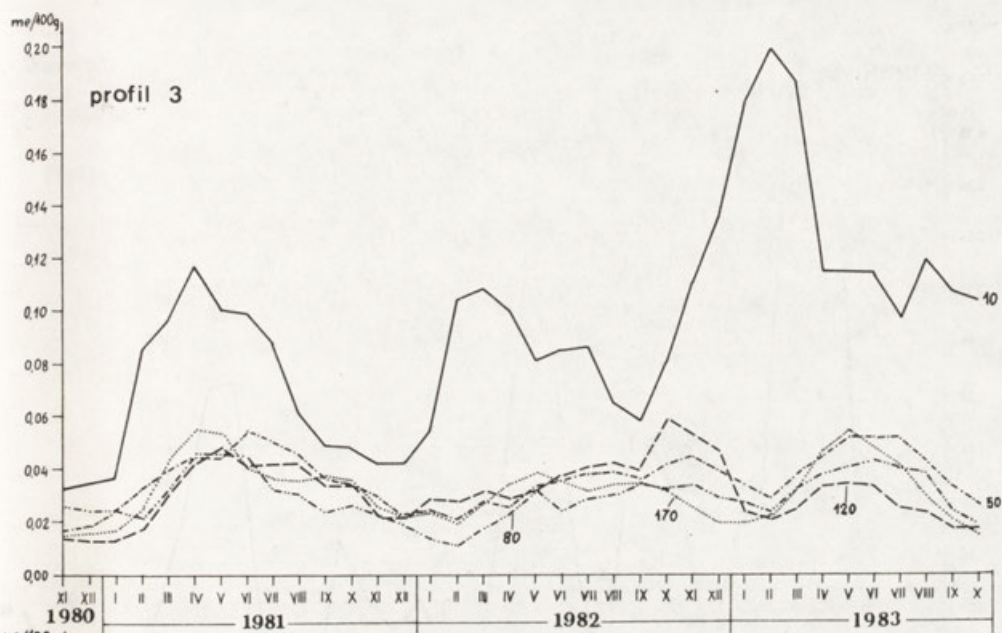
We wszystkich badanych glebach największą zawartością wymiennego potasu charakteryzowały się poziomy akumulacyjno-próchniczne, w których była ona dwu- trzykrotnie większa niż w pozostałych poziomach genetycznych. Rozkład zjawiska w poszczególnych profilach wskazuje, że pionowy gradient wartości cechy był odwrotnie proporcjonalny do głębokości, co oznacza, że w kierunku spągu profili malała zasobność gleb w wymienny potas. Ze wzrostem głębokości malały również różnice w natężeniu zjawiska pomiędzy dwoma poziomami (ryc. 43).

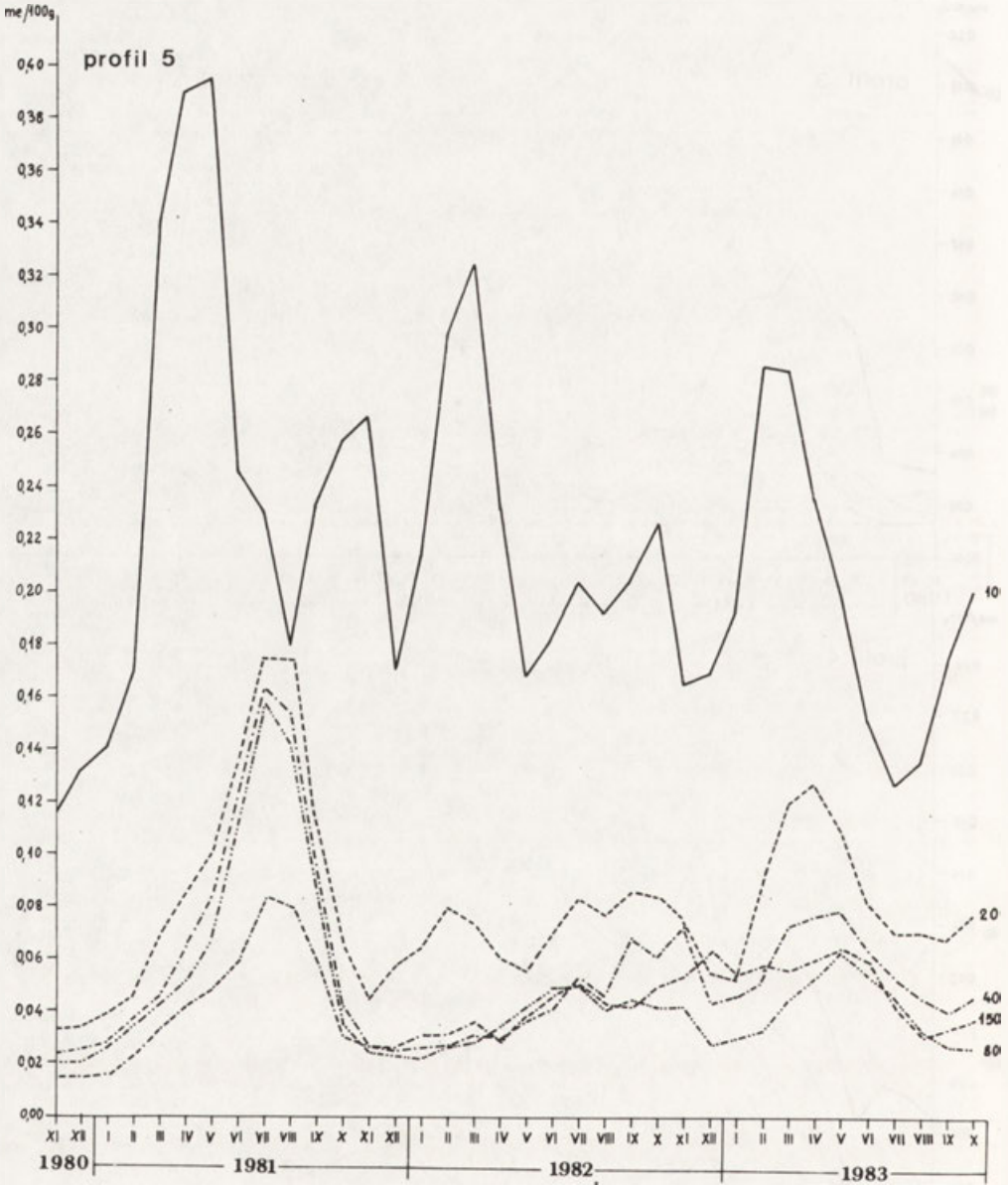
## Zróżnicowanie siedlisk

Na podstawie analizy statystycznej rozkładu  $K^+$  stwierdzono, że dynamika zawartości wymiennego potasu w glebach nie różnicuje istotnie statystycznie badanej kateny. Wszystkie analizowane siedliska tworzą zatem jedną grupę,









Ryc. 42. Dynamika kationów wymiennego potasu ( $K^+$ ) w okresie badań (XI 1980—X 1983)  
Dynamics of potassium exchangeable cations ( $K^+$ ) in the research period (XI 1980—X 1983)

Tabela 40

Wartość współczynnika zmienności wymiennego potasu w latach 1981–1983 oraz średnie różnice pomiędzy poszczególnymi latami obserwacji

Profil	Poziom	Głębokość (cm)	$V_z$	Średnia zawartość $K^+$ w latach				Zróżnicowanie pomiędzy latami $V_z$
				1981	1982	1983	$\bar{m}$	
1	AG	10	59,7	0,1056	0,0690	0,1262	0,1003	28,9
	Gor	50	59,9	0,0585	0,0414	0,0498	0,0502	18,4
2	Ah(B)	10	63,3	0,1115	0,1103	0,2119	0,1457	39,4
	Bv(B)	50	57,9	0,0534	0,0338	0,0423	0,0431	22,8
	Gor	80	54,4	0,0338	0,0305	0,0337	0,0326	5,8
	Gr	120	55,8	0,0613	0,0558	0,0879	0,0683	25,1
3	Ah(B)	10	66,1	0,0705	0,0755	0,1351	0,0937	38,4
	BvAk(B)	50	36,9	0,0380	0,0303	0,0410	0,0364	15,2
	Bv(B)	80	47,3	0,0282	0,0279	0,0323	0,0295	8,3
	Bv(B)C	120	57,0	0,0336	0,0331	0,0304	0,0314	4,8
	CG	170	89,2	0,0343	0,0300	0,0314	0,0319	6,9
4	AE	10	45,9	0,1116	0,1383	0,1702	0,1400	21,0
	BvBh	20	54,3	0,0628	0,0555	0,0677	0,0620	9,9
	Bv	40	39,5	0,0441	0,0395	0,0432	0,0423	5,8
	BvC	100	55,0	0,0467	0,0345	0,0363	0,0392	16,8
	BvCcon	140	63,8	0,0628	0,0527	0,0518	0,0558	10,9
	Dg	170	33,9	0,1328	0,1413	0,1476	0,1406	5,3
5	AE	10	60,1	0,2417	0,2187	0,1938	0,2179	11,0
	BvBh	20	56,6	0,0878	0,0720	0,0809	0,0803	9,9
	Bv(B)	40	73,4	0,0700	0,0517	0,0549	0,0589	16,6
	Bv(B)C	80	81,6	0,0489	0,0467	0,0393	0,0450	11,2
	C	150	49,5	0,0434	0,0376	0,0423	0,0411	7,5

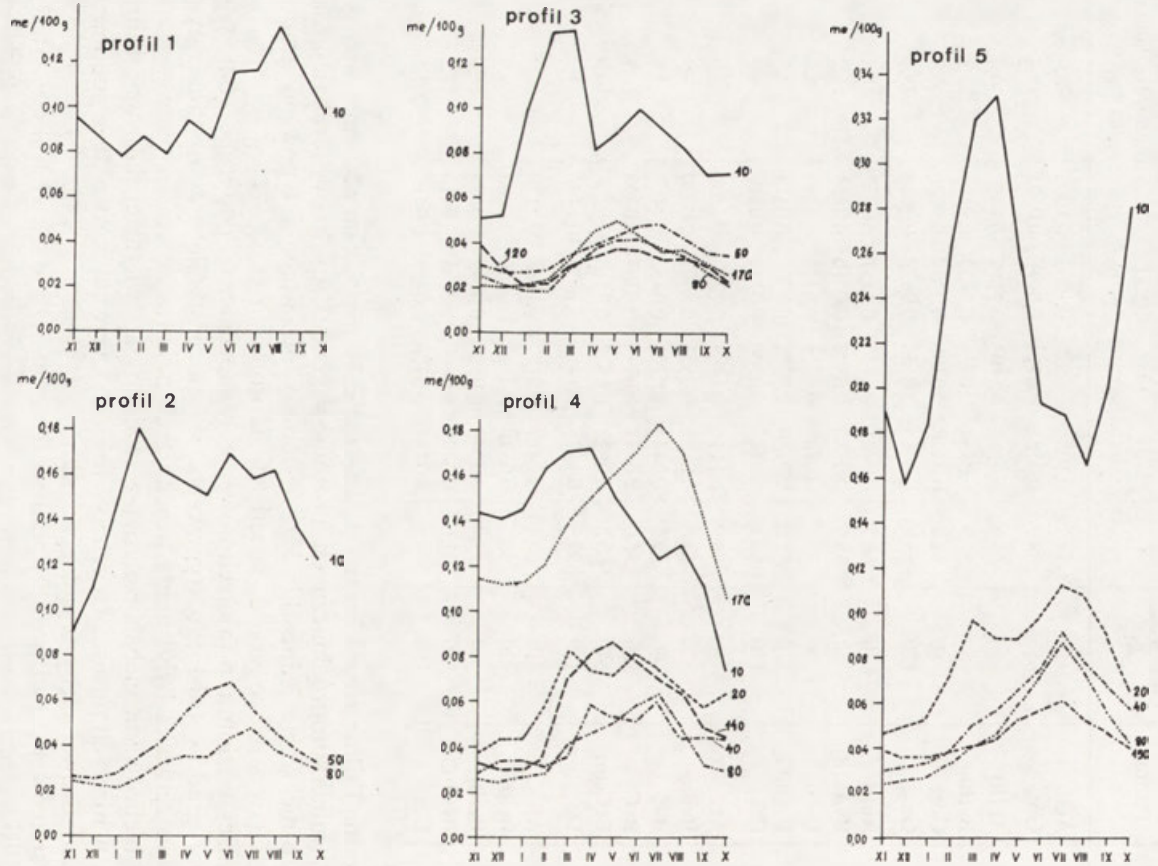
jednorodną i silnie zróżnicowaną wewnątrznie. W pierwszym poziomie analitycznym (mineralnopróchnicznych poziomów genetycznych) wyodrębniają się trzy istotnie różne jednostki: łągu jesionowo-olszowego i typowego grądu, niskiego i wysokiego grądu, świetlistej dąbrowy.

Poniżej poziomu powierzchniowego, homogeniczną podgrupę stanowiły siedliska grądów (niskiego, typowego, wysokiego). Glebami o odmiennym przebiegu zjawiska były: mada próchniczna pokryta łągiem jesionowo-olszowym i bielcowana gleba brunatna z roślinnością świetlistej dąbrowy, która jednak w niższych poziomach genetycznych wykazywała bardzo duże podobieństwo do rdzawej gleby wysokiego grądu.

W spągowej części profili podobną dynamiką zjawiska charakteryzowały się siedliska: łągu jesionowo-olszowego, typowego grądu i świetlistej dąbrowy tworząc jedną homogeniczną podgrupę. Niski grąd i wysoki grąd stanowiły statystycznie istotnie różne jednostki ekologiczne (ryc.44).

Pełną charakterystykę zróżnicowania badanych siedlisk przedstawiono za pomocą diagramu (ryc. 44), relacje zaś pomiędzy siedliskami wyrażone liczbą istotnych różnic w zawartości wymiennego potasu w poszczególnych poziomach, prezentuje macierz różnic i podobieństw (tab. 41).

**K<sup>+</sup>**



Ryc. 43. Średni roczny rozkład kationów wymiennego potasu określony na podstawie trzech lat obserwacji (XI 1980–X 1983)  
 Mean annual potassium exchangeable cations distribution determined on the basis of three years study (XI 1980–X 1983)

K <sup>+</sup> poziomy analityczne <sup>x</sup>	obiekty <sup>y</sup>				
	1	3	2	4	5
1	1	3	2	4	5
2	1	2	3	4	5
2a	1	2	3	4	5
3	1	2	3	4	5
4	1	2	3	4	5
4a	2	3	1	4	5
5	2	4	1	3	5

Ryc. 44. Różnice pomiędzy siedliskami określone na podstawie rozkładu kationów wymiennego potasu w poszczególnych poziomach analitycznych badanych gleb

Differences between sites determined on the basis of potassium exchangeable cations distribution in particular analytic horizons of investigated soils

x – analytic horizons, y – objects.

Tabela 41

Różnice pomiędzy siedliskami określone na podstawie rozkładu wymiennego potasu (wyrażone liczbą poziomów analitycznych o istotnie różnym przebiegu cechy)

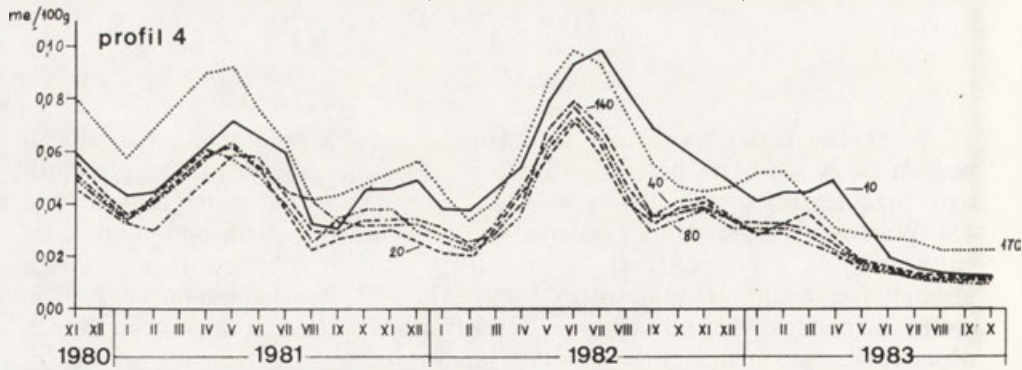
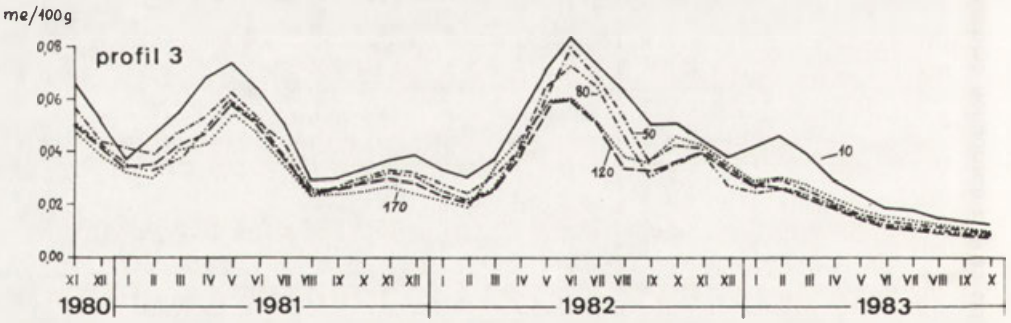
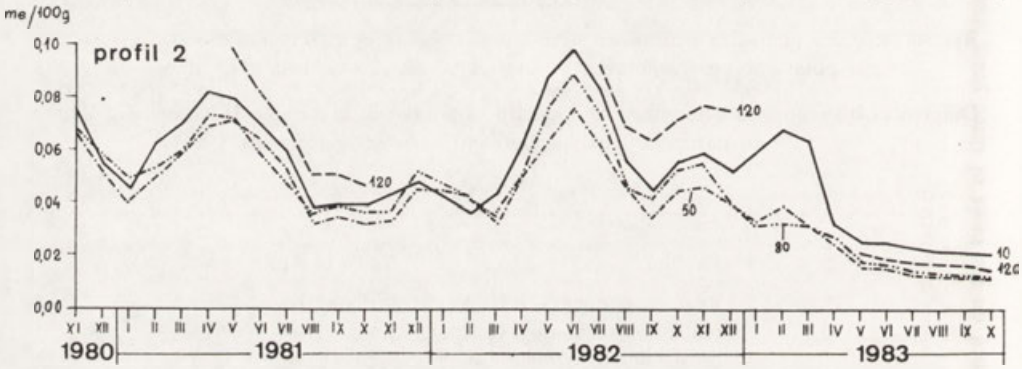
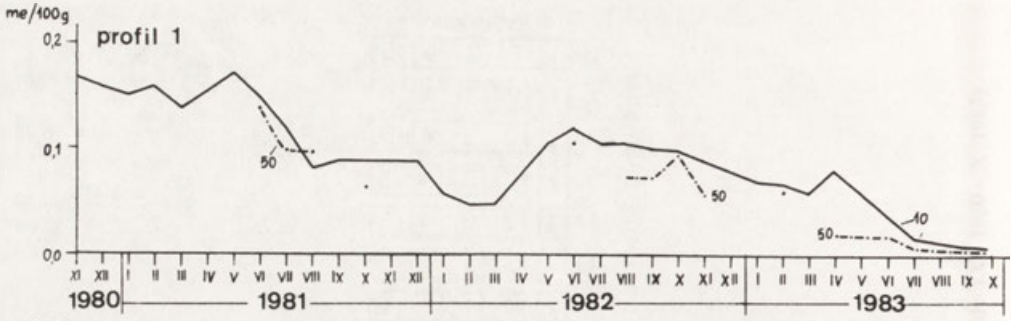
Profil	1	2	3	4	5
1	×	7	5	6	6
2	7	×	4	4	7
3	5	4	×	5	6
4	6	4	5	×	5
5	6	7	6	5	×

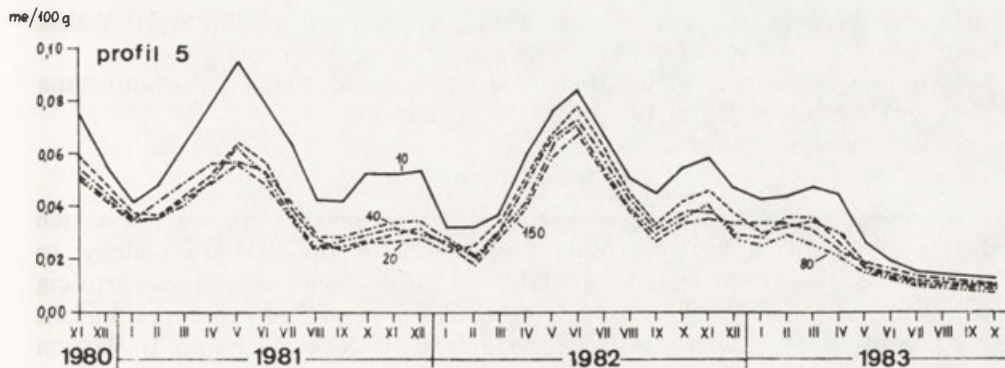
WYMIENNY SÓD (Na<sup>+</sup>)

Zmienność czasowa

W okresie badań zawartość wymiennego sodu w analizowanych glebach wahała się w szerokim przedziale wartości oraz charakteryzowała się podobnym przebiegiem i zmiennością we wszystkich poziomach genetycznych (ryc. 45). Wartości współczynnika zmienności określone na podstawie kilkudziesięciu pomiarów w czasie trzech lat badań były zatem zbliżone we wszystkich glebach i wynosiły średnio około 60% (tab. 42). W wieloletnim rozkładzie cechy zaznaczyło się zmniejszanie się zawartości sodu w kolejnych latach obserwacji, nawiązujące do spadku wilgotności gleb. Różnice pomiędzy średnią zasobnością gleb w jony wymiennego sodu w latach 1981–1983, wyrażone współczynnikiem zmienności, wynosiły od około 35% w glebach automorficznych do około 50% w glebie semihydrycznej.

Pomimo różnic w natężeniu cechy pomiędzy poszczególnymi latami,





Ryc. 45. Dynamika kationów wymiennego sodu ( $\text{Na}^+$ ) w okresie badań (XI 1980–X 1983)  
Dynamics of sodium exchangeable cations ( $\text{Na}^+$ ) in the research period (XI 1980–X 1983)

Tabela 42

Wartość współczynnika zmienności wymiennego sodu w latach 1981–1983 oraz średnie różnice pomiędzy poszczególnymi latami obserwacji

Profil	Poziom	Głębokość (cm)	$V_z$	Średnia zawartość $\text{Na}^+$ w latach				Zróżnicowanie pomiędzy latami $V_z$
				1981	1982	1983	$\bar{m}$	
1	AG	10	71,5	0,1417	0,0950	0,0430	0,0932	53,0
	Gor	50	69,7	0,0968	0,0920	0,0277	0,0722	53,4
2	Ah(B)	10	59,4	0,0594	0,0608	0,0337	0,0513	29,7
	Bv(B)	50	58,1	0,0537	0,0523	0,0238	0,0432	40,0
	Gor	80	58,0	0,0560	0,0535	0,0259	0,0451	37,0
	Gr	120	61,7	0,0683	0,0733	0,0383	0,0599	31,5
3	Ah(B)	10	56,4	0,0500	0,0523	0,0257	0,0427	34,5
	BvAk(B)	50	60,7	0,0442	0,0457	0,0220	0,0373	35,6
	Bv(B)	80	57,8	0,0418	0,0427	0,0205	0,0350	35,9
	Bv(B)C	120	53,4	0,0431	0,0387	0,0231	0,0349	30,1
	CG	170	54,0	0,0407	0,0388	0,0221	0,0338	30,3
4	AE	10	55,1	0,0491	0,0632	0,0289	0,0471	36,6
	BvBh	20	58,6	0,0439	0,0398	0,0218	0,0351	33,5
	Bv	40	56,4	0,0456	0,0442	0,0215	0,0371	36,5
	BvC	100	60,8	0,0456	0,0390	0,0208	0,0352	36,3
	BvCcon	140	59,0	0,0415	0,0426	0,0215	0,0352	33,7
	Dg	170	53,1	0,0660	0,0621	0,0378	0,0553	28,7
5	AE	10	58,5	0,0611	0,0560	0,0273	0,0481	37,9
	BvBh	20	69,9	0,0436	0,0448	0,0223	0,0369	34,3
	Bv(B)	40	59,8	0,0451	0,0430	0,0217	0,0366	35,4
	Bv(B)C	80	61,8	0,0432	0,0418	0,0200	0,0350	37,2
	C	150	58,0	0,0418	0,0411	0,0227	0,0352	30,8

wszystkie badane gleby charakteryzowały się powtarzalną w każdym roku sezonową zmiennością zjawiska. Najwyższe stany zasobności gleb w wymienny sól występowały: w poziomach powierzchniowych wiosną (maj) i jesienią (początek listopada), a w pozostałych poziomach genetycznych z około

jednomiesięcznym opóźnieniem, to znaczy w czerwcu i ostatniej dekadzie listopada.

Minima zawartości omawianych kationów wymiennych notowano zimą (styczeń) i późnym latem (wrzesień) – rycina 45.

### Rozkład pionowy

Pionowy rozkład zawartości kationów wymiennego sodu we wszystkich badanych profilach był odwrotnie proporcjonalny do głębokości gleby, to znaczy zasobność ich malała ku spągowi profili. Największą zawartością wymiennego sodu charakteryzowały się zatem poziomy mineralnopróchnicze, poza profilem 4, gdzie jeszcze więcej kationów  $\text{Na}^+$  wystąpiło w ilastym podłożu. Różnice w zawartości kationów  $\text{Na}^+$  pomiędzy powierzchnią gleb a poziomami mineralnymi nie były duże i wynosiły około 0,01–0,02 me/100 g gleby, to jest około 20–30%. W głębszych częściach profili średnie zróżnicowanie pomiędzy dwoma sąsiednimi poziomami genetycznymi było jeszcze mniejsze i wynosiło od 0,001 do 0,005 me/100 g gleby (ryc. 46).

### Zróżnicowanie siedlisk

Na podstawie analizy statystycznej rozkładu  $\text{Na}^+$  stwierdzono, że zawartość wymiennego sodu różnicuje badaną katenę na dwie homogeniczne grupy siedlisk:

- łągu jesionowo-olszowego na madzie próchnicznej;
- grądów i świetlistej dąbrowy na glebach automorficznych.

Grupa siedlisk na glebach automorficznych jest niejednorodna wewnątrz i już od drugiego poziomu analitycznego następuje jej podział na dwie statystycznie, istotnie różne jednostki: grądu niskiego i pozostałych biotopów. W spągowej części profili następuje dalsze wyodrębnianie się istotnie różnych jednostek taksonomicznych, jak np. wysokiego grądu (ryc. 47).

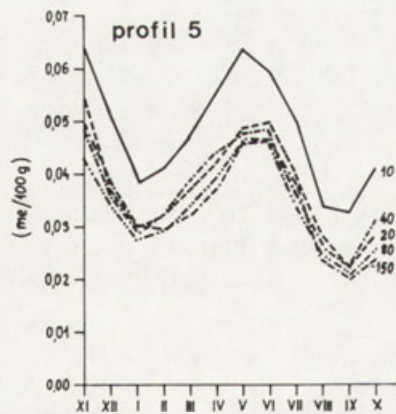
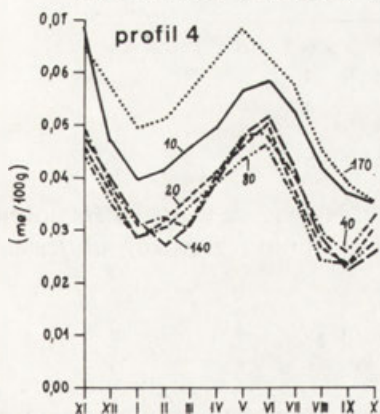
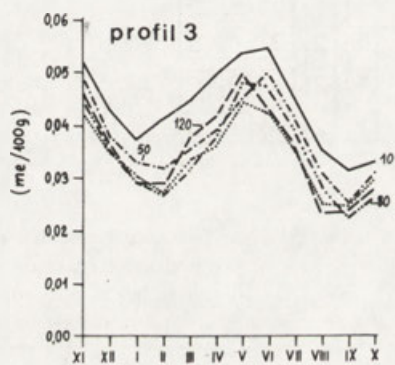
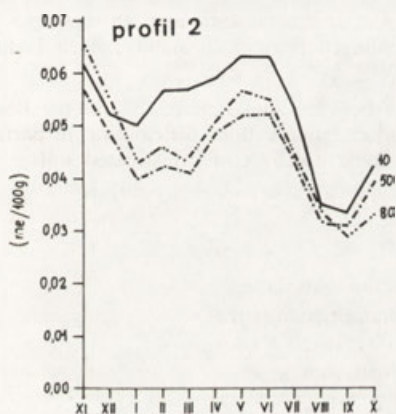
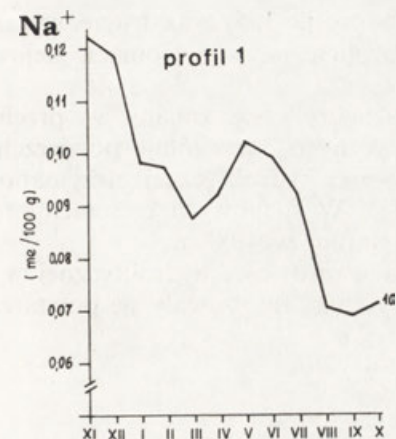
Charakterystykę dyferencjacji badanych siedlisk przedstawiono za pomocą diagramu (ryc. 47). Relacje pomiędzy siedliskami wyrażone liczbą istotnych różnic w zawartości wymiennego sodu w poszczególnych poziomach analitycznych prezentuje macierz różnic i podobieństw (tab. 43).

### KWASOWOŚĆ HYDROLITYCZNA ( $H_p$ )

#### Zmienność czasowa

W analizowanych glebach kwasowość hydrolityczna charakteryzowała się stosunkowo małą labilnością. Współczynnik zmienności określony dla całego okresu badań wynosił od około 10–20% w poziomach mineralnych do około 15–30% w poziomach akumulacyjno-próchnicznych (tab. 44). Znacznie mniejsze różnice w wartościach cechy zanotowano porównując cykle rocznego rozkładu zjawiska. Współczynniki zmienności obliczone na podstawie rocznych wartości kwasowości hydrolitycznej z poszczególnych lat obserwacji wynosiły 0,7 do 27%. We wszystkich profilach labilność cechy ulegała zmniejszeniu wraz ze wzrostem głębokości. Wystąpiły jednak dwa odstępstwa od tej zasady. Pierwsze, polegające na bardzo silnym wzroście labilności cechy





Ryc. 46. Średni roczny rozkład kationów wymiennego sodu określony na podstawie trzech lat obserwacji (XI 1980–X 1983)

Mean annual sodium exchangeable cations distribution determined on the basis of three years study (XI 1980–X 1983)

w poziomie iluwalnym gleb bielcowanych (profile 3, 5) oraz drugie, wyrażające się większą dynamiką kwasowości hydrolytycznej w poziomach glejowych (profil 2).

W trzyletnim okresie badań nie zaznaczyły się zmiany w przebiegu zjawiska. W większości poziomów genetycznych, szczególnie powierzchniowych, najwyższą średnią wartość kwasowości hydrolytycznej otrzymano dla 1981 r., najniższe zaś w 1982 r. (ryc. 48). W spągowych częściach profilu odpowiednio: maksimum w 1982 r., minimum w 1983 r.

Niezależnie od odmiennego natężenia kwasowości hydrolytycznej w poszczególnych latach badań wszystkie gleby charakteryzowały się powtarzalną

poziomy analityczne <sup>x</sup>	Na <sup>+</sup> obiekty <sup>y</sup>				
	1	2	3	4	5
1	1	2	3	4	5
2	1	2	3	4	5
2 a	1	2	3	4	5
3	1	2	3	4	5
4	1	2	3	4	5
4 a	1	2	4	3	5
5	1	2	4	3	5

Ryc. 47. Różnice pomiędzy siedliskami określone na podstawie rozkładu kationów wymiennego sodu w poszczególnych poziomach analitycznych badanych gleb

Differences between sites determined on the basis of sodium exchangeable cations distribution in particular analytic horizons of investigated soils

x – analytic horizons, y – objects

Tabela 43

Różnice pomiędzy siedliskami określone na podstawie rozkładu wymiennego sodu (wyrażone liczbą poziomów analitycznych o istotnie różnym przebiegu cechy)

Profil	1	2	3	4	5
1	x	7	5	6	6
2	7	x	4	4	7
3	5	4	x	5	6
4	6	4	5	x	5
5	6	7	6	5	x

w każdym roku sezonową zmiennością cechy. Najwyższe wartości  $H_h$  notowane były wiosną (marzec), najniższe w okresie letnim (czerwiec) lub jesiennym (wrzesień) – rycina 49.

### Rozkład pionowy

We wszystkich analizowanych glebach kwasowość hydrolytyczna była cechą charakteryzującą się wyraźnym gradientem pionowym, wyrażającym się silnym zmniejszeniem się jej natężenia wraz ze wzrostem głębokości. Średnie różnice pomiędzy wartościami kwasowości hydrolytycznej poziomów akumulacyjno-próchnicznych a skałami macierzystymi wynosiły od 285% w profilu 1 do 718% w profilu 3. Wraz ze wzrostem głębokości różnice te pomiędzy dwoma sąsiednimi poziomami uległy zmniejszeniu i wahały się od 5% do 57% (ryc. 48).

Tabela 44

Wartość współczynnika zmienności kwasowości hydrolitycznej w latach 1981 – 1983 oraz średnie różnice pomiędzy poszczególnymi latami obserwacji

Profil	Poziom	Głębokość (cm)	$V_z$	Średnia wartość Hh w latach				Zróżnicowanie pomiędzy latami $V_z$
				1981	1982	1983	$\bar{m}$	
1	AG	10	30,8	5,62	4,46	7,46	5,85	25,9
	Gor	50	36,8	2,55	1,54	2,05	2,05	24,6
2	Ah(B)	10	15,8	9,85	9,58	9,70	9,71	1,4
	Bv(B)	50	17,9	3,88	4,81	4,01	4,23	11,9
	Gor	80	–	2,59	2,24	1,89	2,24	15,6
	Gr	120	–	2,35	1,33	1,97	1,88	27,4
3	Ah(B)	10	20,0	10,70	9,83	12,00	10,85	10,1
	BvAk(B)	50	39,1	6,15	3,96	6,42	5,51	24,5
	Bv(B)	80	–	3,50	2,53	3,39	3,14	16,9
	Bv(B)C	120	–	2,64	2,19	2,33	2,39	9,6
	CG	170	–	1,51	1,63	1,40	1,51	7,6
4	AE	10	30,0	9,35	8,43	11,28	9,69	15,0
	BvBh	20	26,3	4,85	4,54	4,06	4,49	8,9
	Bv	40	17,9	2,55	2,96	2,39	2,60	13,2
	BvC	100	–	2,16	2,28	1,95	2,13	7,8
	BvCcon	140	–	2,20	2,02	1,90	2,04	7,4
	Dg	170	–	3,00	2,97	2,96	2,98	0,7
5	AE	10	20,9	10,34	9,13	9,50	9,66	6,2
	BvBh	20	17,4	6,88	5,73	7,35	6,65	12,5
	Bv(B)	40	11,9	4,63	4,63	4,43	4,56	2,5
	Bv(B)C	80	–	2,70	2,66	2,88	2,74	4,3
	C	150	–	1,72	1,78	1,56	1,62	6,8

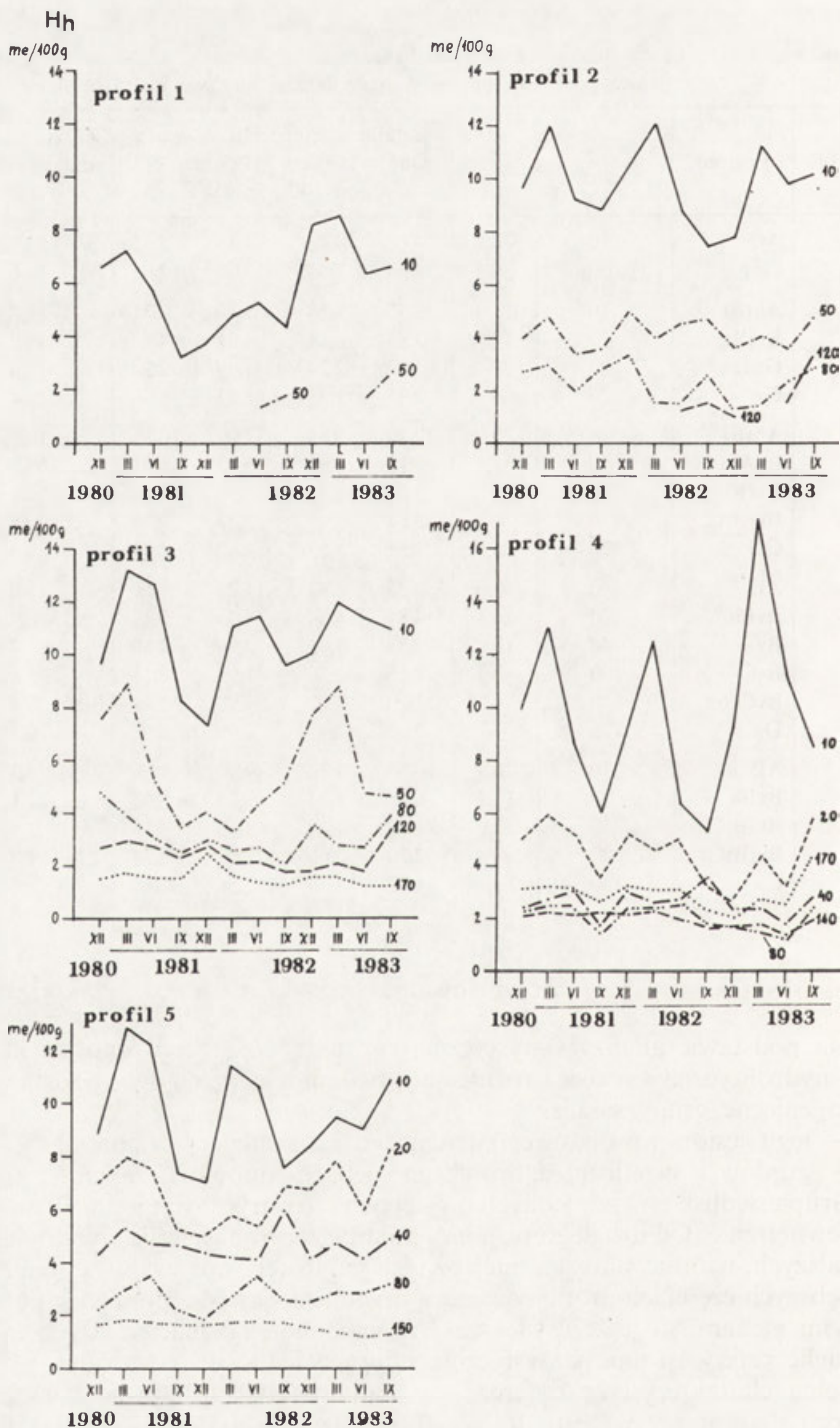
### Zróżnicowanie siedlisk

Na podstawie analizy statystycznej rozkładu  $H_h$  stwierdzono, że kwasowość hydrolityczna jest cechą różnicującą badaną katenę na dwie podstawowe, homogeniczne grupy siedlisk:

- łągu jesionowo-olszowego rosnącego na madzie próchniczej,
- grądów i świetlistej dąbrowy na glebach automorficznych.

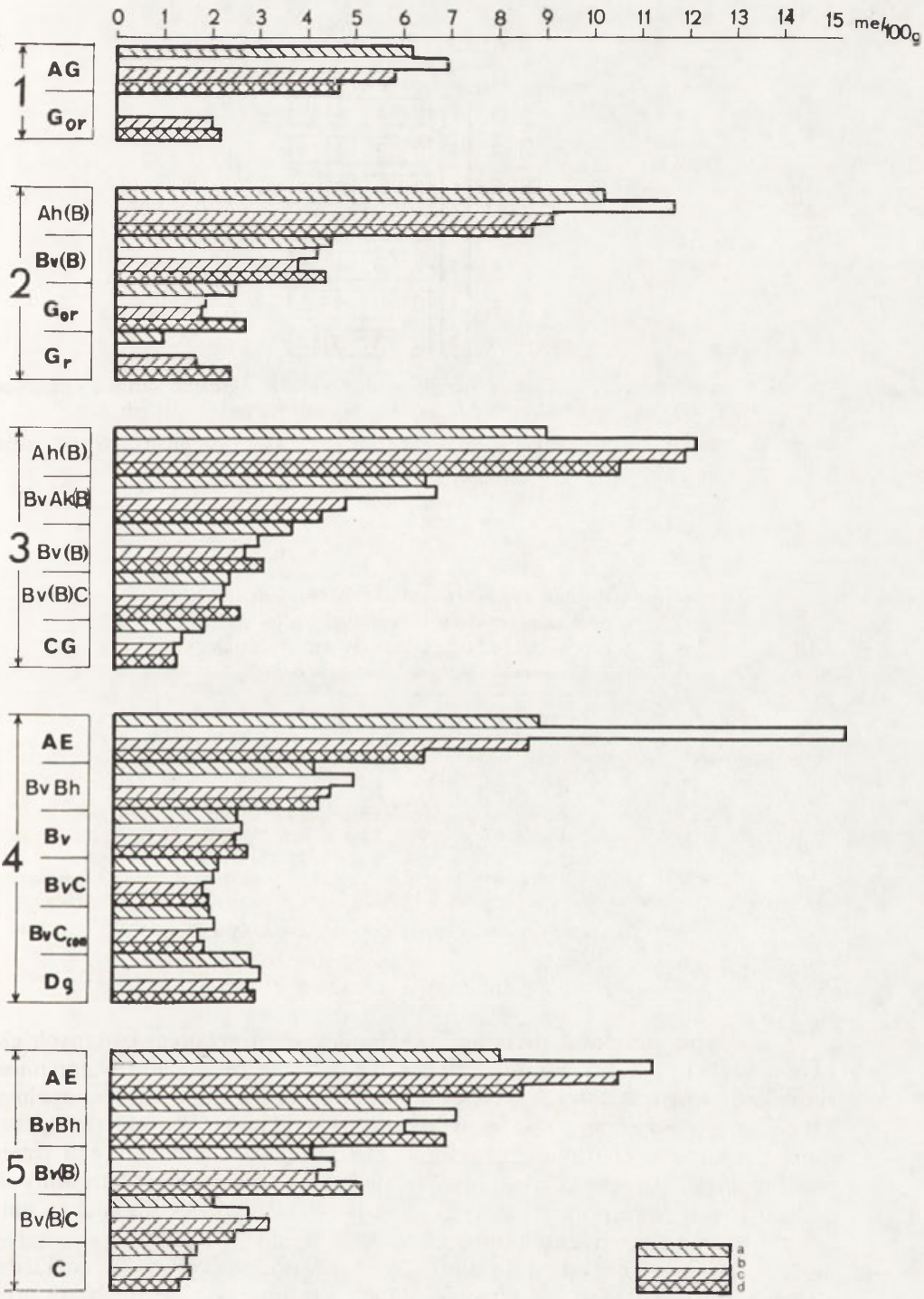
Grupa siedlisk wykształconych na glebach terestrycznych jest niejednorodna wewnątrznie. Od drugiego poziomu analitycznego następuje wyodrębnianie się dalszych, istotnie statystycznie różnych jednostek, np. świetlistej dąbrowy. W głębszych częściach profili różnice w przebiegu zjawiska pomiędzy poszczególnymi glebami są jeszcze większe. W poziomie skał macierzystych można wydzielić cztery istotnie statystycznie odrębne jednostki (ryc. 50).

Pełną charakterystykę dyferencjacji badanych siedlisk przedstawiono za pomocą diagramu (ryc. 50). Relacje pomiędzy siedliskami wyrażone liczbą istotnych różnic w kwasowości hydrolitycznej poszczególnych poziomów, prezentuje macierz różnic i podobieństw (tab. 45).



Ryc. 48. Sezonowa dynamika kwasowości hydrolytycznej w okresie badań (XI 1980–X 1983)  
 Seasons dynamics of hydrolytic acidity in the research period (XI 1980–X 1983)

H<sub>h</sub>



Ryc. 49. Średni roczny rozkład wartości kwasowości hydrolytycznej określony na podstawie trzech lat obserwacji (XI 1980–X 1983)

a – grudzień, b – marzec, c – czerwiec, d – wrzesień

Mean annual distribution of hydrolytic acidity values determined on the basis of three years study (XI 1980–X 1983)

a – December, b – March, c – June, d – September

Hh	obiekty <sup>y</sup>				
	1	2	3	4	5
1	1	2	3	4	5
2	1	2	3	4	5
2a	1	2	5	3	4
3	1	2	5	3	4
4	1	2	3	4	5
4a	1	2	3	4	5
5	1	2	3	5	4

Ryc. 50. Różnice pomiędzy siedliskami określone na podstawie rozkładu wartości kwasowości hydrolitycznej w poszczególnych poziomach analitycznych badanych gleb

Differences between sites on the basis of hydrolitic acidity values distribution in particular analytic horizons of investigated soils

x – analytic horizons, b – objects

Tabela 45

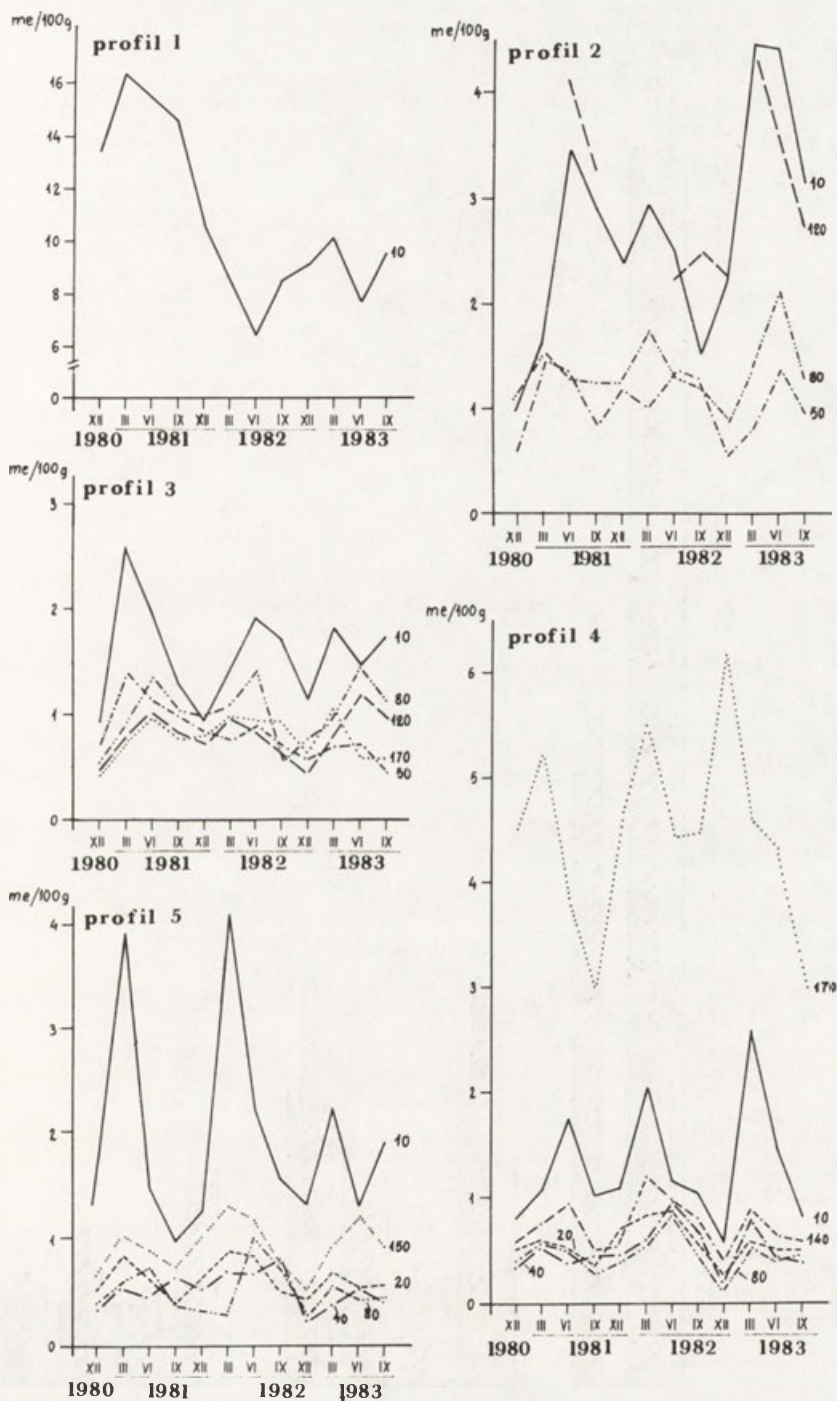
Różnice pomiędzy siedliskami określone na podstawie rozkładu kwasowości hydrolitycznej (wyrażone liczbą poziomów analitycznych o istotnie różnym przebiegu cechy)

Profil	1	2	3	4	5
1	x	7	7	7	7
2	7	x	4	4	3
3	7	4	x	1	3
4	7	4	1	x	4
5	7	3	3	4	x

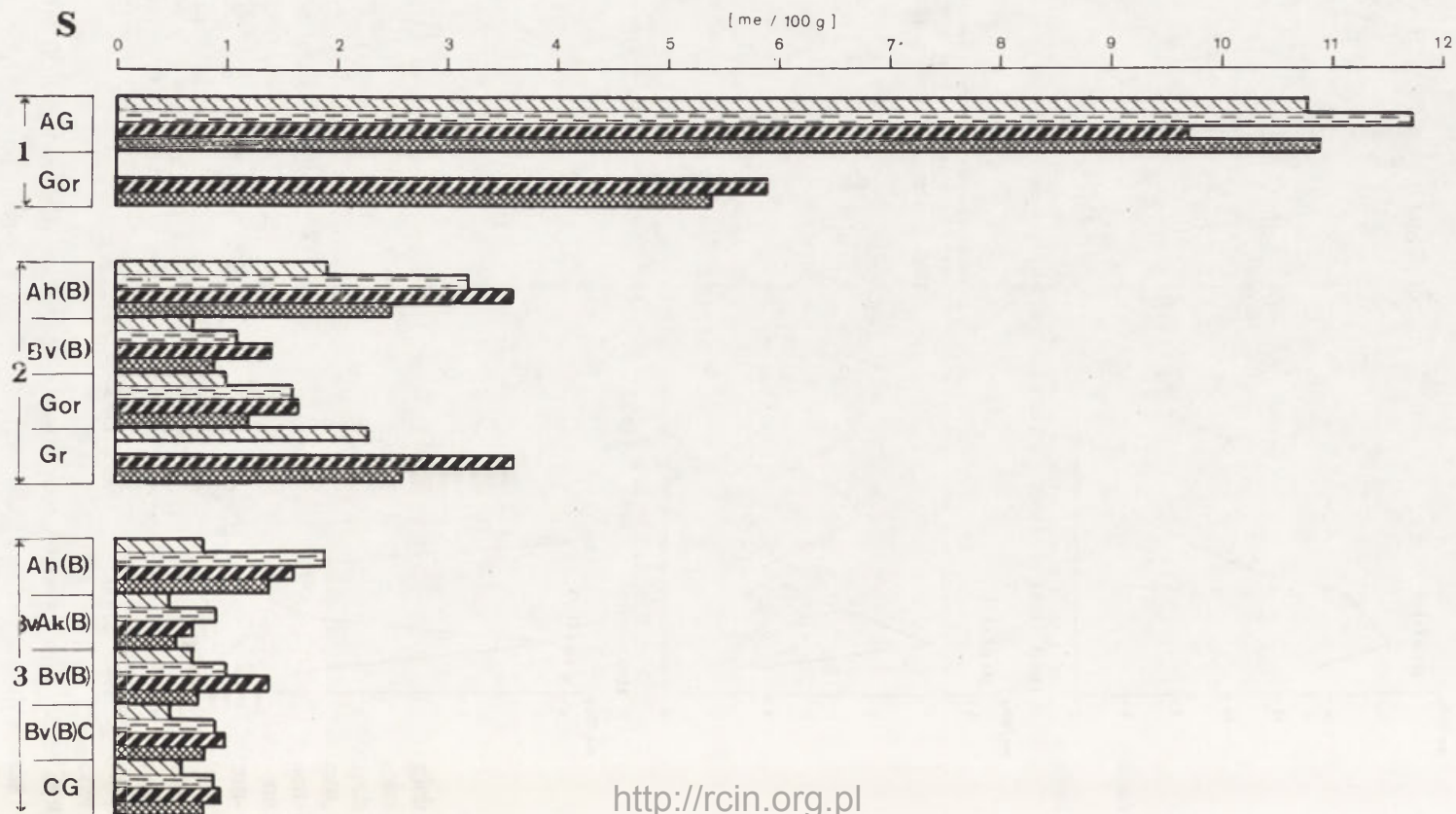
SUMA KATIONÓW O CHARAKTERZE ZASADOWYM (S)

### Zmienność czasowa

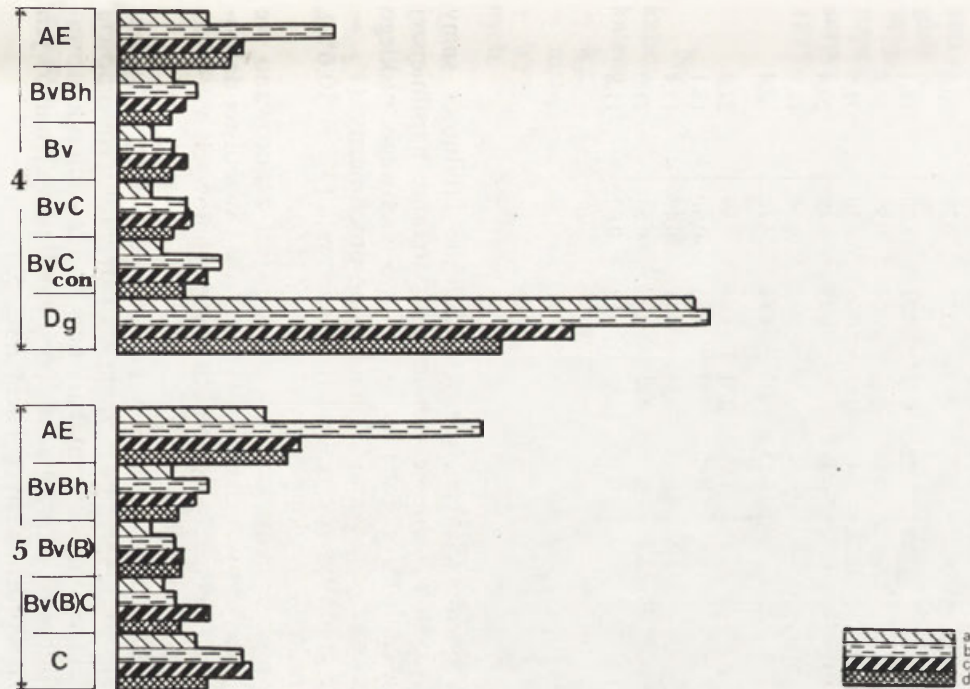
Z uwagi na ilościową przewagę w kompleksie sorpcyjnym badanych gleb kationów dwuwartościowych, ich dynamika determinowała zakres zmienności sumy kationów zasadowych, będących wypadkową rozkładów poszczególnych kationów. Analogicznie, jak w przypadku wymiennego wapnia i magnezu, suma kationów o charakterze zasadowym wykazywała umiarkowaną zmienność w ciągu trzech lat badań. Współczynnik zmienności określony na podstawie całej serii pomiarów wyniósł około 40–50% w poziomach akumulacyjno-próchnicznych gleb automorficznych i około 30–35% w pozostałych poziomach genetycznych (tab. 46). Większe podobieństwo w rozkładzie wartości S stwierdzono porównując dane określone dla średnich rocznych wartości cechy. Wartości współczynnika zmienności obliczone na podstawie średnich rocznych sumarycznych zasobności gleb w kationy o charakterze zasadowym wynosiły od 5–10% w glebie grądu typowego do 20–30% w glebach grądu niskiego i łągu.



Ryc. 51. Sezonowa dynamika sumy kationów zasadowych w okresie badań (XI 1980–X 1983)  
 Seasons dynamics of total exchangeable bases in the research period (XI 1980–X 1983)







Ryc. 52. Średni sezonowy rozkład wartości sumy kationów zasadowych określony na podstawie trzech lat obserwacji (XI 1980–X 1983)

a – grudzień, b – marzec, c – czerwiec, d – wrzesień

Mean seasons total exchangeable bases values distribution determined on the basis of three years study (XI 1980–X 1983)

a – December, b – March, c – June, d – September

Wartość współczynnika zmienności sumy kationów zasadowych w latach 1981 – 1983 oraz średnie różnice pomiędzy poszczególnymi latami obserwacji

Profil	Poziom	Głębokość (cm)	$V_z$	Średnia wartość S w latach				Zróżnicowanie pomiędzy latami $V_z$
				1981	1982	1983	$\bar{m}$ (me 100 g gleby)	
1	AG	10	31,0	14,93	8,28	9,12	10,78	33,7
	Gor	50	7,7	6,21	5,57	5,49	5,76	6,9
2	Ah(B)	10	42,8	2,25	2,33	3,73	2,77	30,1
	Bv(B)	50	36,2	1,00	1,19	0,88	1,02	15,3
	Gor	80	—	1,26	1,36	1,39	1,34	5,1
	Gr	120	—	3,12	2,27	3,45	2,95	20,6
3	Ah(B)	10	39,5	1,45	1,35	1,49	1,43	5,0
	BvAk(B)	50	38,9	0,93	0,97	1,00	0,97	8,6
	Bv(B)	80	—	0,71	0,71	0,61	0,67	3,6
	Bv(B)C	120	—	0,77	0,77	0,84	0,79	5,1
	CG	170	—	0,77	0,89	0,72	0,79	10,6
4	AE	10	50,0	0,95	0,34	1,31	1,20	18,1
	BvBh	20	33,6	0,50	0,73	0,54	0,59	20,8
	Bv	40	33,2	0,42	0,68	0,39	0,50	31,9
	BvC	100	—	0,42	0,59	0,42	0,48	20,4
	BvCcon	140	—	0,61	0,75	0,61	0,66	11,8
	Dg	170	—	4,13	4,38	4,14	4,22	3,4
5	AE	10	56,3	1,91	2,31	1,45	1,89	22,8
	BvBh	20	33,1	0,60	0,72	0,50	0,61	18,1
	Bv(B)	40	34,0	0,49	0,58	0,41	0,49	17,4
	Bv(B)C	80	—	0,51	0,65	0,43	0,53	21,0
	C	150	—	0,78	0,99	0,89	0,89	11,8

W poszczególnych poziomach genetycznych nasilenie labilności sumy kationów zasadowych kształtowało się odmiennie. Strefami najsilniejszej dynamiki S były odpowiednio: w glebach łągu jesionowo-olszowego, niskiego grądu, świetlistej dąbrowy – poziom akumulacyjno-próchniczny ( $V_z = 22,8 - 33,7\%$ ), w glebie grądu typowego – skała macierzysta ( $V_z = 10,6\%$ ), w glebie wysokiego grądu – poziom rdzawy ( $V_z = 31,9$ ).

Najwyższe średnie roczne sumy kationów zasadowych zanotowano we wszystkich poziomach genetycznych gleb wysokiego grądu i świetlistej dąbrowy w 1982 r., w pozostałych glebach, w poziomach powierzchniowych w 1983 r., w głębszych częściach profili w 1982 r. (ryc. 51).

Niezależnie od odmiennych wielkości S w poszczególnych latach badań, wszystkie gleby charakteryzowały się powtarzalną w każdym roku zmiennością sezonową cechy. Największe wartości sumy kationów zasadowych odnotowano dla wszystkich profili – w przypadku poziomów powierzchniowych wiosną, w poziomach podpróchnicznych latem (ryc. 52).

## Rozkład pionowy

W okresie badań największą zawartością kationów zasadowych charakteryzowały się poziomy próchniczno-akumulacyjne analizowanych gleb. Wyjątek od tej zasady stanowiły: poziom glejowy gleby brunatnej gruntowo-glejowej i ilaste podłoże gleby rdzawej bielcowanej. Poniżej poziomów powierzchniowych, we wszystkich profilach występowało wyraźne obniżenie się wartości sumy kationów zasadowych. Najniższe wartości S określono we wszystkich glebach na głębokości 40–50 cm. Różnice pomiędzy poziomami akumulacyjno-próchnicznymi a tą strefą wynosiły od 87% w glebie łągu jesionowo-olszowego do 171% w glebie niskiego grądu i 209% w glebie świetlistej dąbrowy.

W poziomach genetycznych położonych poniżej strefy o najniższej wartości sumy kationów zaobserwowano ponowny wzrost zawartości wymiennych jonów zasadowych. Wzrost ten był jednak mały. Różnice w wartościach cechy pomiędzy poszczególnymi poziomami średnio od 3 do 40%. Całkowite zróżnicowanie wartości cechy, pomiędzy środkową częścią profilu o najmniejszej zawartości kationów zasadowych a skałami macierzystymi poszczególnych gleb wynosiło od 18% w typowym grądzie do 87% w świetlistej dąbrowie. Wyjątek stanowiły gleby, w których skały macierzyste charakteryzowały się największym w całym profilu udziałem kationów zasadowych w kompleksie sorpcyjnym. W profilach tych analogiczne różnice wynosiły odpowiednio: 189% w glebie niskiego grądu i 779% w glebie wysokiego grądu.

## Zróżnicowanie siedlisk

Na podstawie analizy statystycznej rozkładu  $S$  stwierdzono, że suma kationów o charakterze zasadowym w badanych glebach jest cechą różnicującą katenę na trzy podstawowe – homogeniczne grupy siedlisk:

- łągu jesionowo-olszowego na glebie semihydrycznej,
- niskiego grądu na glebie brunatnej gruntowo-glejowej,
- wysokiego, typowego grądu i świetlistej dąbrowy na glebach automorficznych.

S	obiekty <sup>y</sup>				
	1	2	3	4	5
1	1	2	3	4	5
2	1	2	3	4	5
2a	1	2	3	4	5
3	1	2	3	4	5
4	1	2	3	4	5
4a	1	2	3	4	5
5	1	2	3	5	4

Ryc. 53. Różnice pomiędzy siedliskami określone na podstawie rozkładu wartości sum kationów zasadowych w poszczególnych poziomach analitycznych badanych gleb

Differences between sites determined on the basis of total exchangeable bases values distribution in particular analytic horizons of investigated soils

x – analytic horizons, y – objects

Ostatnia grupa siedlisk jest niejednorodna wewnątrznie i już od trzeciego poziomu analitycznego następuje wyodrębnienie się istotnie, statystycznie różnych pod względem rozkładu  $S$  podgrup. Ich liczby, jak i wzajemne podobieństwo międzyobiektywne kształtowało się odmiennie na poszczególnych głębokościach.

Pełną charakterystykę dyferencjacji badanych siedlisk przedstawiono za pomocą diagramu (ryc. 53), relacje pomiędzy siedliskami wyrażone liczbą istotnych różnic w sumach kationów o charakterze zasadowym poszczególnych poziomów prezentuje macierz różnic i podobieństw (tab. 47).

Tabela 47

Różnice pomiędzy siedliskami określone na podstawie rozkładu sum kationów zasadowych (wyrażone liczbą poziomów analitycznych o istotnie różnym przebiegu cechy)

Profil	1	2	3	4	5
1	×	7	7	7	7
2	7	×	6	7	7
3	7	6	×	4	4
4	7	7	4	×	2
5	7	7	4	2	×

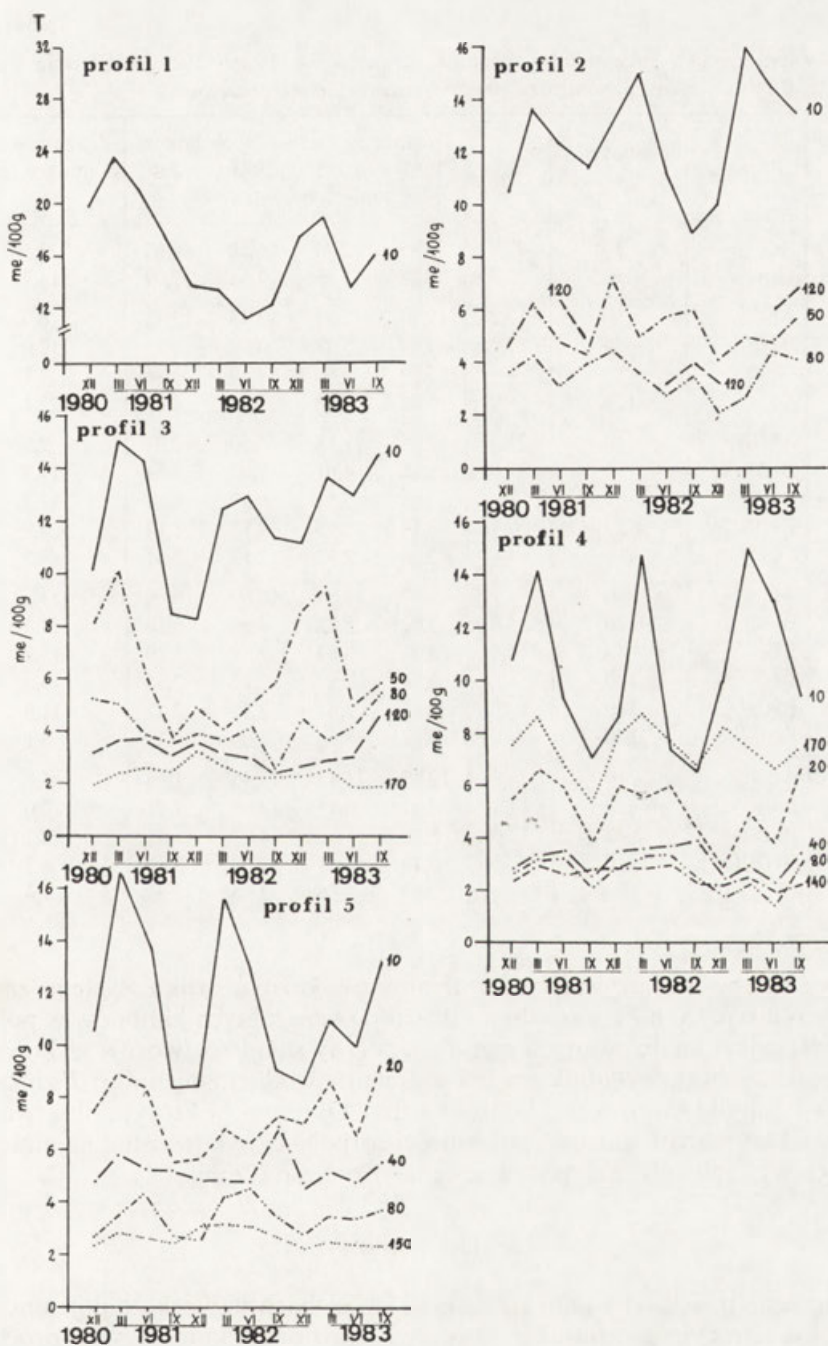
## POJEMNOŚĆ SORPCYJNA (7)

## Zmienność czasowa

Pojemność sorpcyjna analizowanych gleb charakteryzowała się stosunkowo małą dynamiką wartości cechy, zarówno w ciągu roku, jak i w czasie całego okresu badań (ryc. 54). Współczynnik zmienności określony na podstawie pełnej serii pomiarów wynosiło około 20–30% w powierzchniowych warstwach gleb i około 12–25% w pozostałych poziomach genetycznych. Mniejsze zróżnicowanie współczynnika stwierdzono porównując roczne cykle rozkładu cechy. Wartości obliczone na podstawie średnich pojemności sorpcyjnych gleb w kolejnych latach obserwacji wahały się od 6 do 23% (tab. 48). Pionowy ich rozkład był różny w poszczególnych profilach. Strefami największej labilności pojemności sorpcyjnej były odpowiednio: w łągu – poziom akumulacyjno-próchniczny (23,5%), w grądzie niskim – poziom glejowy (22,1%), w pozostałych glebach – poziomy próchniczny (10–19,3%).

W kolejnych latach badań odmiennie kształtowało się również natężenie cechy z tym, że zaobserwowano wyraźną profilową dwudzielność w dynamice pojemności sorpcyjnej. Przykładowo, w 1982 r. stropowe i środkowe części profili (do 50 cm, a w profilu 3 – do 80 cm) charakteryzowały się najniższymi wartościami pojemności sorpcyjnej, gdy w tym samym roku w głębiej położonych poziomach genetycznych zaobserwowano jej najwyższe średnie wartości, bądź zbliżone do osiągniętych w innych latach (tab. 48).

Niezależnie od odmiennych wartości cechy, w poszczególnych latach badań



Ryc. 54. Sezonowa dynamika pojemności sorpcyjnej w okresie badań (XI 1980–X 1983)  
 Seasons dynamics of exchange capacity in the research period (XI 1980–X 1983)

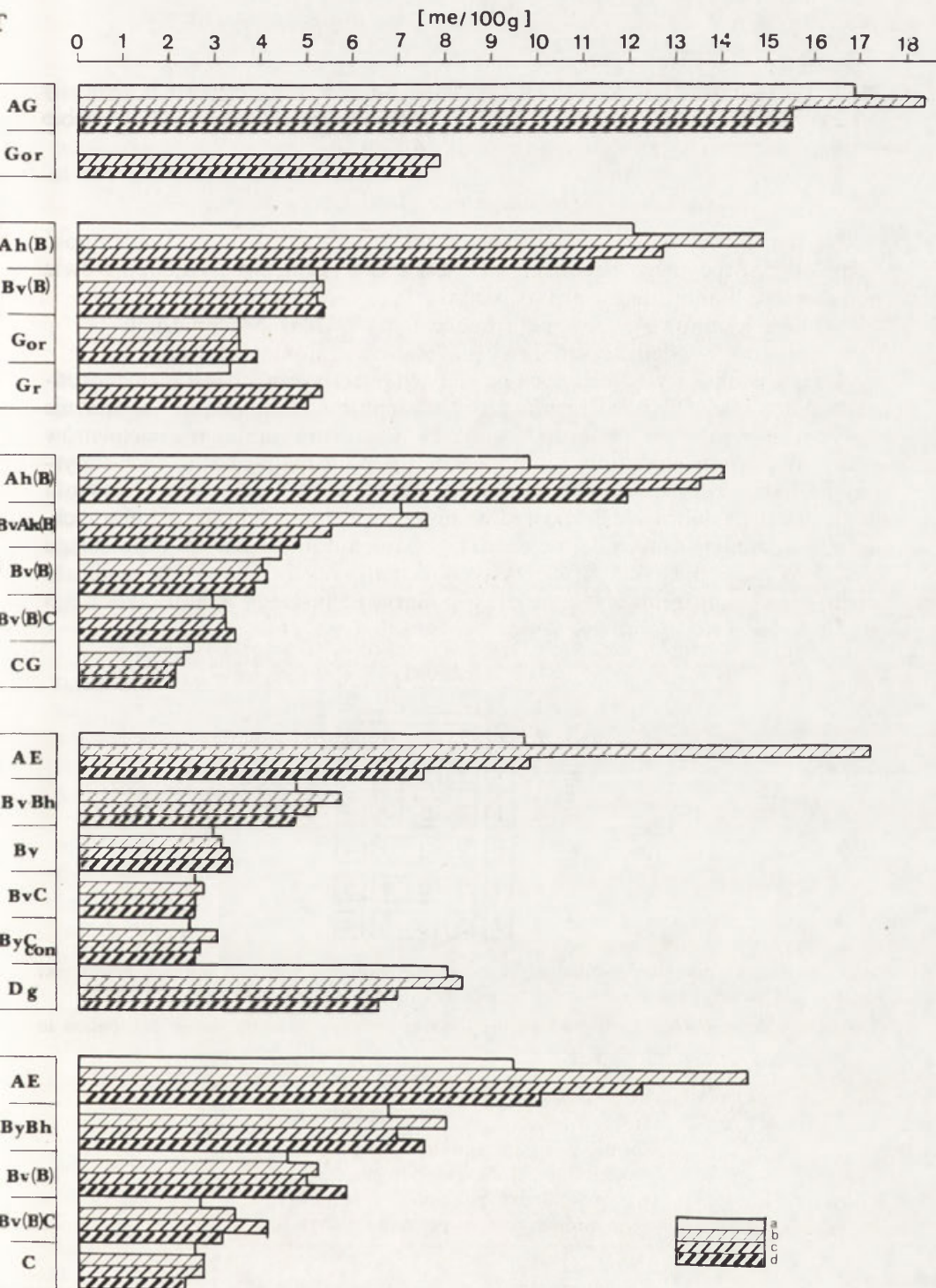
Wartość współczynnika zmienności pojemności sorpcyjnej w latach 1981–1983 oraz średnie różnice pomiędzy poszczególnymi latami obserwacji

Profil	Poziom	Głębokość (cm)	$V_z$	Średnia zawartość T w latach				Zróżnicowanie pomiędzy latami $V_z$
				1981	1982	1983	$\bar{m}$	
1	AG	10	22,9	22,55	12,74	16,58	16,63	23,5
	Gor	50	12,4	9,32	7,10	7,54	7,99	14,7
2	Ah(B)	10	17,2	12,10	11,91	13,43	12,48	6,6
	Bv(B)	50	17,9	4,89	5,98	4,89	5,25	12,0
	Gor	80	—	3,79	3,60	3,29	3,56	7,1
	Gr	120	—	5,47	3,60	5,43	4,83	22,1
3	Ah(B)	10	21,5	12,15	11,18	13,50	12,27	9,5
	BvAk(B)	50	37,0	6,11	4,61	7,02	6,31	19,3
	Bv(B)	80	—	4,43	3,51	4,39	4,11	12,7
	Bv(B)C	120	—	3,39	2,95	3,17	3,17	6,9
	CG	170	—	2,28	2,52	2,12	2,31	8,7
4	AE	10	31,1	9,77	12,59	10,89	10,89	13,8
	BvBh	20	25,8	5,99	5,28	4,50	5,26	14,2
	Bv	40	18,4	2,97	3,64	2,69	3,10	15,7
	BvC	100	—	2,58	2,87	2,17	2,54	13,9
	BvCcon	140	—	2,82	2,87	2,31	2,67	11,6
	Dg	170	—	7,13	7,76	7,09	7,33	5,1
5	AE	10	24,8	12,25	11,43	10,95	11,54	5,7
	BvBh	20	17,2	7,03	6,45	7,86	7,11	10,0
	Bv(B)	40	12,6	5,12	5,30	4,83	5,08	4,7
	Bv(B)C	80	—	3,20	3,61	3,30	3,37	6,3
	C	150	—	2,50	2,86	2,55	2,63	7,4

wszystkie gleby wykazywały powtarzalny w każdym roku system zmian sezonowych (ryc. 55). Ze względu na udział poszczególnych kationów w pojemności sorpcyjnej analizowanych gleb i chemiczny skład roztworów glebowych, gdzie podstawowym składnikiem był wymienny wodór, zmienność  $T$  zbliżona była do dynamiki kwasowości hydrolitycznej. Okresem, w którym obserwowano największy wzrost wartości pojemności sorpcyjnej była wiosna, najmniejsze wartości występowały zaś późną jesienią i wczesną zimą.

### Rozkład pionowy

W okresie trzech lat badań we wszystkich glebach największą pojemnością kompleksu sorpcyjnego charakteryzowały się poziomy akumulacyjno-próchniczne. We wszystkich profilach podobny był również kształt rozkładu cechy poniżej poziomów powierzchniowych. Wyrażał się on spadkiem wartości cechy zgodne ze wzrostem głębokości. Jedynie w poziomie glejowym gleby brunatnej gruntowo-glejowej i ilastym podłożu gleby rdzawej bielcowanej, zaobserwowano ponowny wzrost pojemności sorpcyjnej. Średnie różnice pomiędzy



Ryc. 55. Średni sezonowy rozkład wartości pojemności sorpcyjnej określony na podstawie trzech lat obserwacji (XI 1980–X 1983)

a – grudzień, b – marzec, c – czerwiec, d – wrzesień

Mean seasons distribution of exchange capacity values determined on the basis of three years study (XI 1980–X 1983)

a – December, b – March, c – June, d – September

mami o ekstremalnych wartościach cechy w poszczególnych glebach wynosiły od 208% w madzie próchnicznej łągu jesionowo-olszowego do 531% w glebie brunatnoziemnej typowego grądu (ryc. 54).

### Zróznicowanie siedlisk

Na podstawie analizy statystycznej rozkładu  $T$  stwierdzono, że pojemność kompleksu sorpcyjnego badanych gleb jest cechą różnicującą katę na dwie podstawowe-homogeniczne grupy siedlisk:

- łągu jesionowo-olszowego rosnącego na madzie próchnicznej;
- grądów i świetlistej dąbrowy na glebach automorficznych.

Grupa siedlisk wykształconych na glebach terestrycznych jest niejednorodna wewnątrz. Od powierzchni gleby następuje wyodrębnianie się istotnie statystycznie różnych podgrup, będących układem kombinacji elementów grupy. W poziomie akumulacyjno-próchnicznym można wydzielić dwie statystycznie różne jednostki pod względem  $T$ . Są to: niski grąd, typowy i wysoki grąd, świetlista dąbrowa. Bezpośrednio niżej, w poziomach podpróchnicznych, nie stwierdzono istotnych różnic między glebami automorficznymi w przebiegu cechy. W poziomie skał macierzystych istniały zaś podstawy do podziału siedlisk gleb autogenicznych na trzy podgrupy: niskiego grądu, typowego grądu i świetlistej dąbrowy, wysokiego grądu (ryc. 56).

T	obiekty <sup>y</sup>				
	1	2	3	4	5
1	1	2	3	4	5
2	1	2	3	4	5
2a	1	2	5	3	4
3	1	2	5	3	4
4	1	2	3	5	4
4a	1	2	3	4	5
5	1	2	3	5	4

Ryc. 56. Różnice pomiędzy siedliskami określone na podstawie rozkładu wartości pojemności sorpcyjnej w poszczególnych poziomach analitycznych badanych gleb

Differences between sites determined on the basis of exchange capacity values distribution in particular analytic horizons of investigated soils

x – analytic horizons, y – objects

Tabela 49

Różnice pomiędzy siedliskami określone na podstawie rozkładu pojemności sorpcyjnej (wyrażone liczbą poziomów analitycznych o istotnie różnym przebiegu cechy)

Profil	1	2	3	4	5
1	x	7	7	7	7
2	7	x	4	6	3
3	7	4	x	5	4
4	7	6	5	x	5
5	7	3	4	5	x



Pełną charakterystykę dyferencjacji badanych pod względem pojemności sorpcyjnej siedlisk przedstawiono za pomocą diagramu (ryc. 56). Relacje pomiędzy siedliskami wyrażone liczbą istotnych różnic w przebiegu pojemności sorpcyjnej prezentuje macierz różnic i podobieństw (tab. 49).

#### STOPIEŃ NASYCENIA GLEB KATIONAMI O CHARAKTERZE ZASADOWYM

### Zmienność czasowa

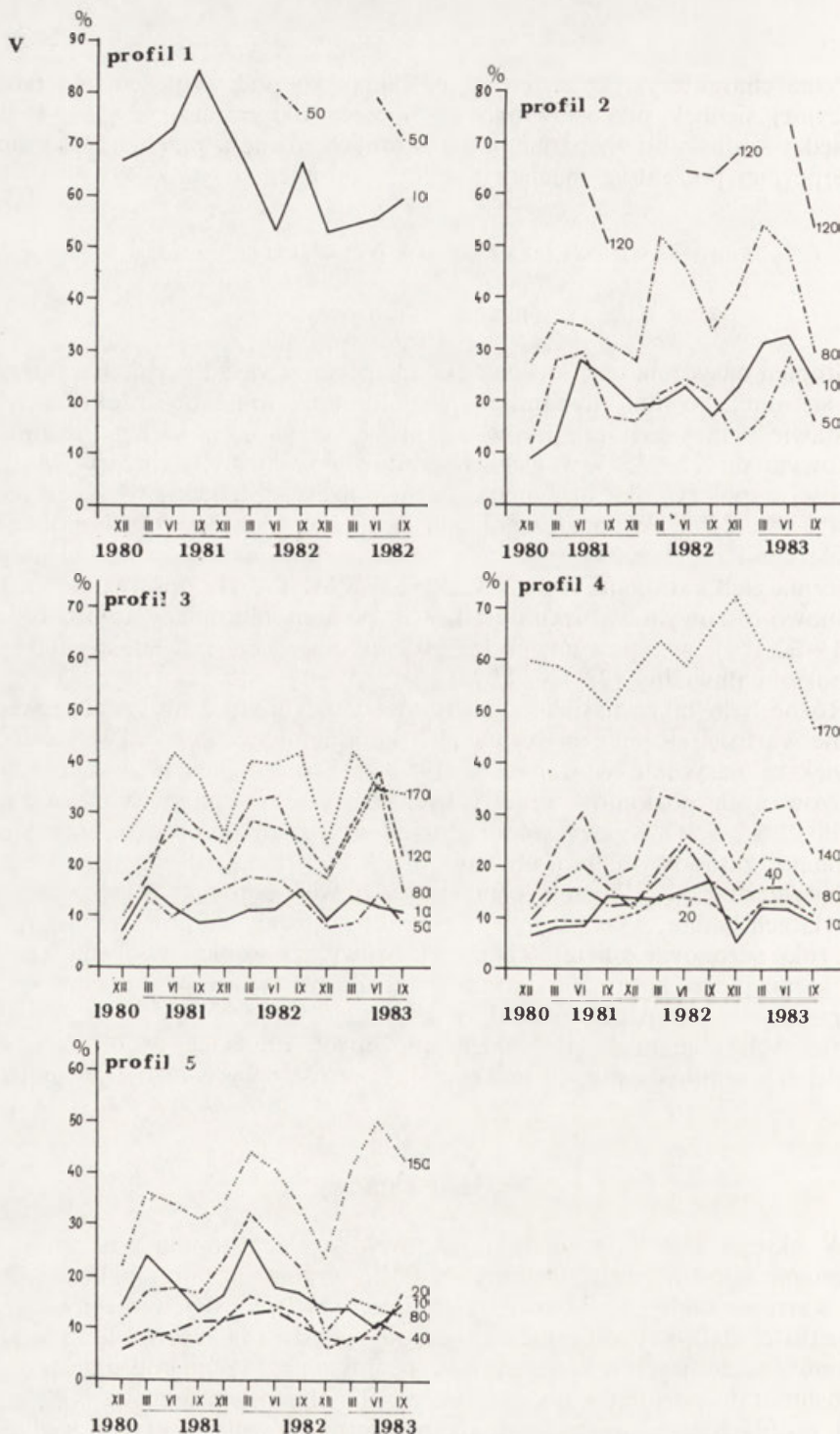
Stopień nasycenia gleb kationami o charakterze zasadowym charakteryzował się umiarkowaną dynamiką. Współczynnik zmienności określony na podstawie pełnej serii pomiarów wahał się od 9–15% w łągu jesionowo-olszowym do 25–35% w glebach grądów i świetlistej dąbrowy. Mniejsze wartości współczynnika otrzymano porównując roczne cykle rozkładu cechy, od 4% do 25%. W poszczególnych profilach pionowy rozkład wartości współczynnika był różny (ryc. 57). Strefami największej labilności stopnia nasycenia gleb kationami o charakterze zasadowym był odpowiednio: w łągu jesionowo-olszowym, w niskim grądzie – poziom akumulacyjno-próchniczny (14,1–22,1%), w typowym grądzie, wysokim grądzie i świetlistej dąbrowie – poziom iluwialny (22,4–29,9%).

Różne było także nasilenie zjawiska w każdym roku obserwacji. Średnie roczne wartości stopnia nasycenia gleb kationami zasadowymi wskazują, że największe nasycenie wystąpiło w 1982 r. Stwierdzono je w około 75% analizowanych poziomów genetycznych. Jedynie w spągowych poziomach profili 2, 3 i 5, najwyższy średni stopień nasycenia kompleksu sorpcyjnego kationami zasadowymi odnotowano w 1983 r. (tab. 50).

Niezależnie od odmiennego przebiegu zjawisk sorpcyjnych w poszczególnych latach badań, wszystkie gleby charakteryzowały się powtarzalną w każdym roku sezonową zmiennością cechy. Najwyższy stopień nasycenia kompleksu sorpcyjnego kationami zasadowymi zaobserwowano: wczesną wiosną (marzec) – w przypadku poziomów akumulacyjno-próchnicznych gleb automorficznych i latem – w głębiej położonych częściach profili tych gleb. W glebach semihydrycznych maksymalny wzrost nasycenia był jesienią (ryc. 58).

### Rozkład pionowy

W okresie trzech lat badań, pionowy rozkład stopnia nasycenia gleb kationami zasadowymi charakteryzował się wprost proporcjonalnym wzrostem wartości cechy do wzrostu głębokości. W siedliskach niskiego grądu i świetlistej dąbrowy odstępstwem od tej zasady był nieco większy udział kationów zasadowych w kompleksie sorpcyjnym poziomów powierzchniowych w stosunku do poziomów podpróchnicznych. Zmienność cechy w poszczególnych profilach była stosunkowo równomierna, różniła się tylko wielkością gradientu. Średnie zróżnicowanie pomiędzy poziomami o ekstremalnych charakterystykach stopnia nasycenia gleb kationami zasadowymi wynosiło od 113% w łągu jesionowo-olszowym do 535% w grądzie wysokim.



Ryc. 57. Sezonowa dynamika wartości stopnia nasycenia gleb kationami zasadowymi w okresie badań (XI 1980 – X 1983)

Seasons dynamics of degree of base saturation values in the research period (XI 1980 – X 1983)

Tabela 50

Wartość współczynnika zmienności stopnia nasycenia gleb kationami zasadowymi w latach 1981–1983 oraz średnie różnice pomiędzy poszczególnymi latami obserwacji

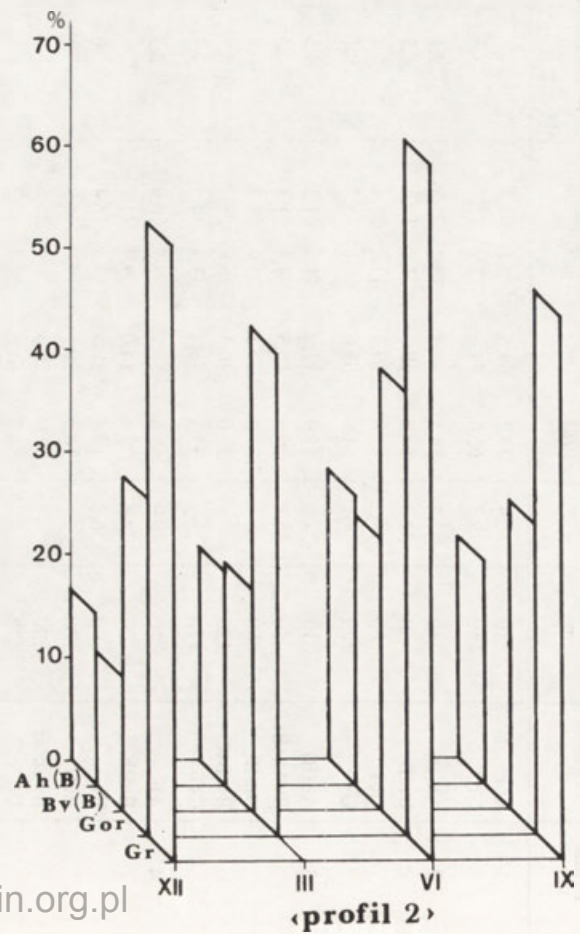
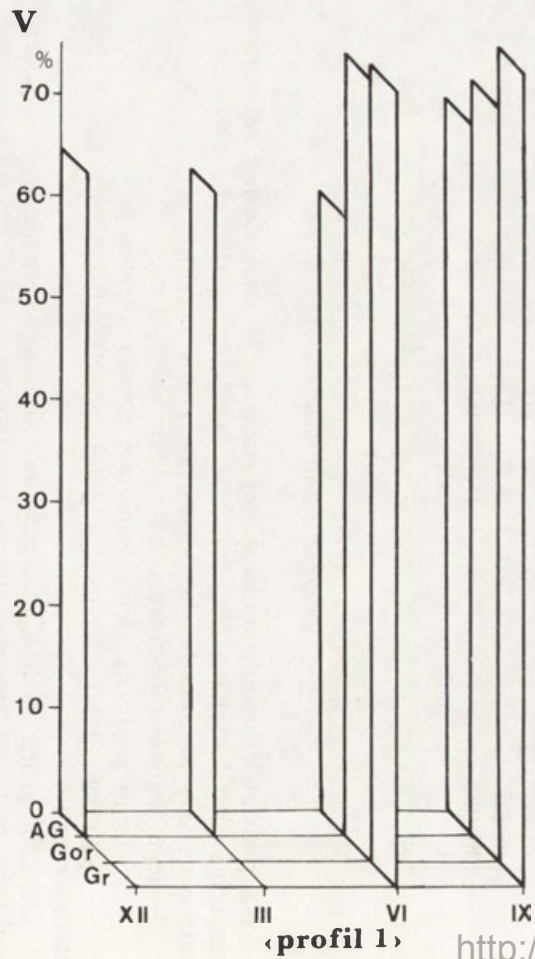
Profil	Poziom	Głębokość (cm)	$V_z$	Średnia wartość V w latach				Zróżnicowanie pomiędzy latami $V_z$
				1981	1982	1983	$\bar{m}$	
1	AG	10	15,4	73,2	64,5	55,1	64,3	14,1
	Gor	50	9,3	66,6	78,6	72,9	72,7	8,2
2	Ah(B)	10	32,3	18,5	19,4	27,2	21,7	22,1
	Bv(B)	50	32,3	20,9	20,0	17,8	19,6	8,2
	Gor	80	—	31,8	39,3	43,2	38,1	15,2
	Gr	120	—	54,8	63,6	65,1	61,2	9,1
3	Ah(B)	10	24,0	11,0	11,9	11,3	11,3	4,5
	BvAk(B)	50	35,8	10,6	15,5	9,4	11,8	27,3
	Bv(B)	80	—	21,9	27,1	23,9	24,3	10,8
	Bv(B)C	120	—	22,6	26,3	26,8	25,2	8,9
	CG	170	—	33,3	36,4	33,8	34,5	4,7
4	AE	10	29,9	9,5	13,7	9,5	10,9	22,3
	BvBh	20	24,8	9,4	14,0	9,9	11,1	22,4
	Bv	40	36,5	14,4	18,5	13,3	15,4	17,6
	BvC	100	—	16,3	20,5	19,8	18,9	11,8
	BvCcon	140	—	21,0	29,3	26,4	25,6	16,4
	Dg	170	—	54,7	61,8	58,4	58,3	6,1
5	AE	10	31,6	14,6	19,2	13,1	15,6	20,3
	BvBh	20	36,9	7,9	11,3	6,4	8,5	29,9
	Bv(B)	40	30,1	9,5	13,0	8,3	10,2	23,8
	Bv(B)C	80	—	15,4	18,9	12,7	18,0	19,7
	C	150	—	30,8	37,8	39,0	35,8	12,4

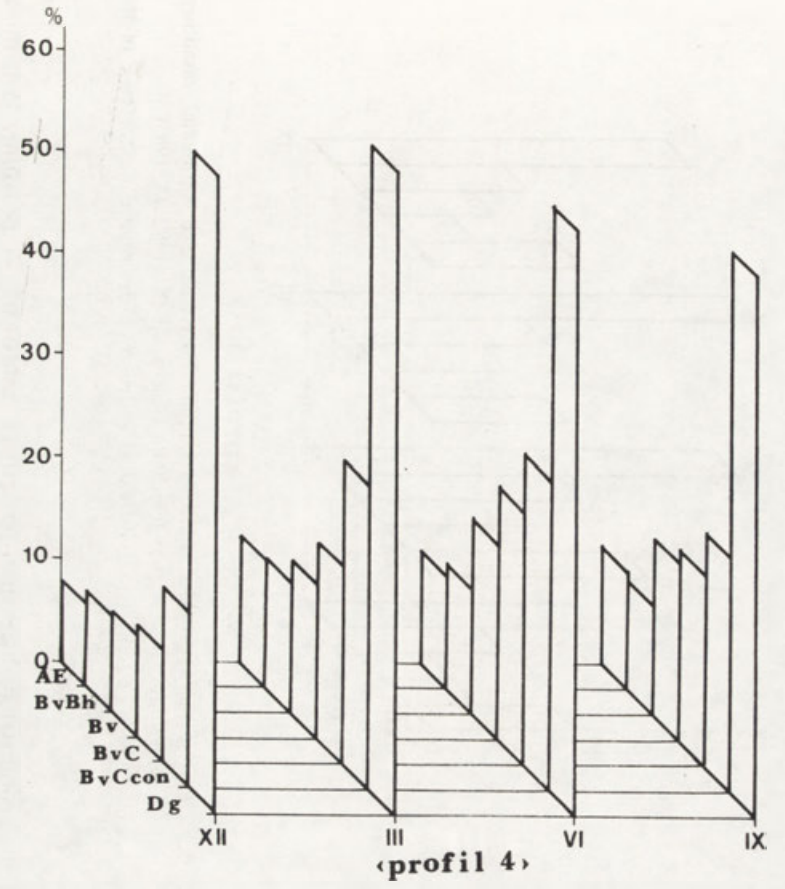
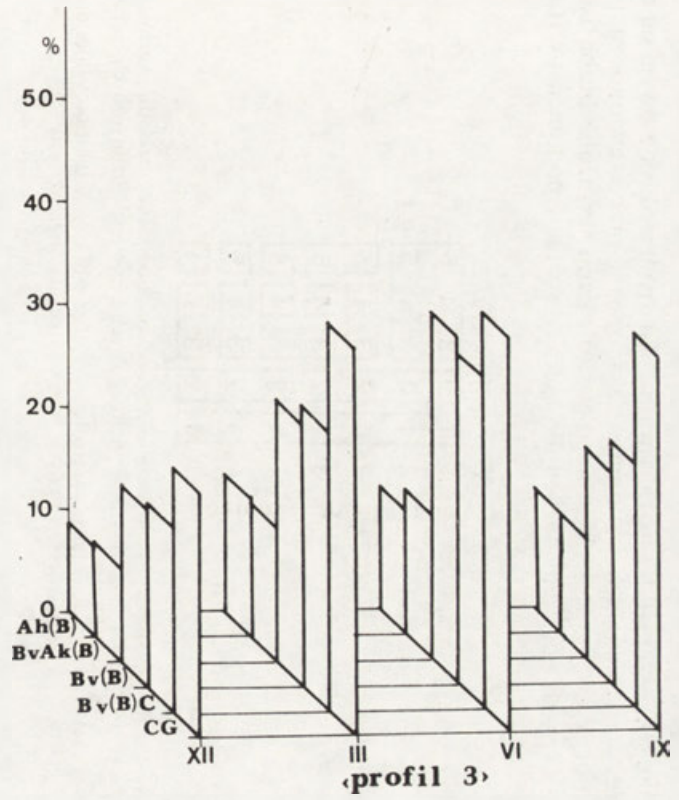
### Zróżnicowanie siedlisk

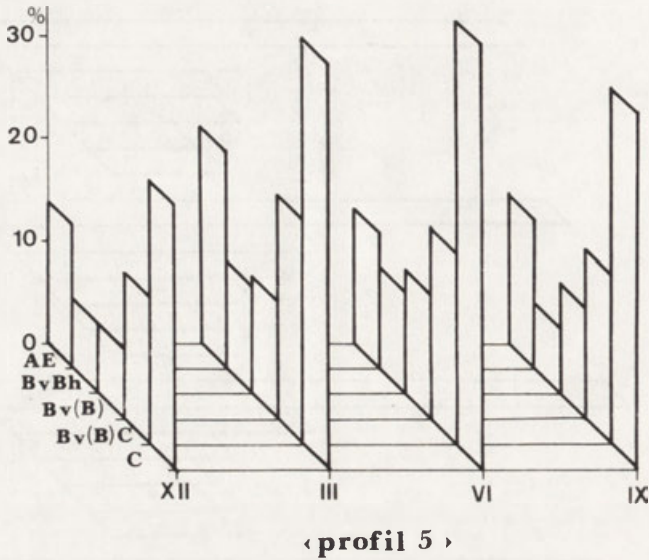
Na podstawie analizy statystycznej rozkładu V stwierdzono, że stopień nasycenia gleb kationami o charakterze zasadowym jest cechą różnicującą katenę na trzy podstawowe-homogeniczne grupy siedlisk:

- łągu jesionowo-olszowego na madzie próchnicznej,
- niskiego grądu na glebie brunatnej gruntowo-glejowej,
- typowego grądu, wysokiego grądu, świetlistej dąbrowy na glebach automorficznych.

Ostatnia grupa siedlisk jest niejednorodna wewnętrznie pod względem rozkładu cechy w poszczególnych głębokościach. Od trzeciego poziomu analitycznego wyodrębniają się istotne statystycznie podgrupy, które są kombinacją elementów (siedlisk), np. w poziomie 3 każdy z elementów grupy stanowi istotnie różną podgrupę podczas, gdy w poziomie skał macierzystych nie stwierdzono statystycznych różnic pomiędzy nasyceniem kompleksów sorpcyjnych skał macierzystych wylugowanej gleby brunatnej (typowy grąd)







Ryc. 58. Średni sezonowy rozkład wartości stopnia nasycenia gleb kationami zasadowymi określony na podstawie trzech lat obserwacji (XI 1980–X 1983)

Mean seasons degree of basis saturation values distribution determined on the base of three years study (XI 1980–X 1983)

i gleby brunatnej bielcowanej (światlista dąbrowa). W poziomie tym można wydzielić zatem tylko dwie jednostki: typowego grądu, światlistej dąbrowy i wysokiego grądu.

Pełną charakterystykę zróżnicowania badanych siedlisk z uwagi na rozkład wartości nasycenia gleb kationami zasadowymi przedstawiono za pomocą diagramu (ryc. 59). Relacje pomiędzy siedliskami wyrażone liczbą istotnych różnic w przebiegu cechy prezentuje macierz różnic i podobieństw (tab. 51).

		V				
		obiekty <sup>y</sup>				
poziomy analityczne <sup>x</sup>	1	1	2	3	4	5
	2	1	2	3	4	5
	2a	1	2	3	4	5
	3	1	2	3	4	5
	4	1	2	3	4	5
	4a	1	2	3	4	5
	5	1	2	3	5	4

Ryc. 59. Różnice pomiędzy siedliskami określone na podstawie rozkładu wartości stopnia nasycenia gleb kationami zasadowymi w poszczególnych poziomach analitycznych badanych gleb

Differences between sites determined on the basis of degree of base saturation values distribution in particular analytic horizons of investigated soils

x – analytic horizons, y – objects

Tabela 51

Różnice pomiędzy siedliskami określone na podstawie rozkładu wartości stopnia nasycenia gleb kationami zasadowymi (wyrażone liczbą poziomów analitycznych o istotnie różnym przebiegu cechy)

Profil	1	2	3	4	5
1	×	7	7	7	7
2	7	×	7	7	7
3	7	7	×	3	4
4	7	7	3	×	4
5	7	7	4	4	×

#### RUCHOME ŻELAZO ( $Fe^{++}$ )

#### Zmienność czasowa

Zawartość ruchomego żelaza w analizowanych glebach wahała się w stosunkowo szerokim zakresie wartości. Współczynnik zmienności określony dla całej serii pomiarów wykonanych w stropowej części profili wynosił od około 30 do 50% (tab. 52). Nieco mniejsze wartości współczynnika otrzymano porównując roczne cykle rozkładu cechy. Wynosiły one od 10 do 60% (tab. 52).

We wszystkich profilach nasilenie zmian zawartości ruchomego żelaza zmniejszało się wraz z głębokością. Odstępstwem od tej prawidłowości był wyraźny wzrost labilności cechy w poziomach iluwialnych gleb charakteryzujących się procesem bielnicowania (tab. 52).

W całości gleb autogenicznych dynamika zawartości ruchomego żelaza miała charakter zmian kierunkowych, wyrażających się wzrostem zasobności gleb w kationy  $Fe^{++}$  w kolejnych latach obserwacji. Oznacza to, że największa zasobność gleb w jony ruchomego żelaza wystąpiła w 1983 r. (ryc. 60).

Niezależnie od odmiennego natężenia zjawiska w poszczególnych latach badań, wszystkie gleby charakteryzowały się powtarzalnym w każdym roku systemem zmian sezonowych. Najwyższa zawartość ruchomego żelaza w glebach była w okresach o dominującym, ewapotranspiracyjnym reżimie wodnym, czyli latem; najniższa zaś — w sezonach o wzmoczonej infiltracji wód opadowych — wiosną i jesienią (ryc. 61).

#### Rozkład pionowy

W ciągu trzech lat badań najwyższą zawartością ruchomego żelaza charakteryzowały się: poziomy akumulacyjno-próchniczne w madzie próchnicznej i glebie brunatnej gruntowo-glejowej (profile 1 i 2) oraz poziomy iluwialne w glebach z cechami procesów bielnicowania (profile 4, 5). Poniżej tych części profili, wraz ze wzrostem głębokości następowało zmniejszanie się

Wartość współczynnika zmienności ruchomego żelaza w latach 1981–1983 oraz średnie różnice pomiędzy poszczególnymi latami obserwacji

Profil	Poziom	Głębokość (cm)	Średnia zawartość Fe <sup>++</sup> w latach					Zróżnicowanie pomiędzy latami V <sub>z</sub>
			V <sub>z</sub>	1981	1982	1983	$\bar{m}$	
1	AG	10	39,6	2,720	5,822	4,695	4,413	35,6
	Gor	50	41,5	1,850	3,655	3,850	3,118	35,4
2	Ah(B)	10	40,0	0,975	0,955	1,500	1,143	27,0
	Bv(B)	50	46,7	0,785	1,150	1,480	1,138	30,6
	Gor	80	–	1,393	1,270	1,020	1,228	15,5
	Gr	120	–	2,375	1,975	2,440	2,263	11,1
3	Ah(B)	10	39,5	0,775	0,763	1,265	0,934	30,7
	BvAk(B)	50	58,5	0,733	1,270	2,650	1,551	63,8
	Bv(B)	80	–	0,638	0,895	1,765	1,091	53,7
	Bv(B)C	120	–	0,540	0,613	1,235	0,796	48,0
	CG	170	–	0,503	0,700	1,130	0,778	41,2
4	AE	10	224,9	0,998	1,223	1,543	1,254	21,8
	BvBh	20	65,2	1,110	1,612	2,345	1,689	36,8
	Bv	40	33,2	1,025	1,503	1,525	1,351	20,9
	BvC	100	–	0,823	1,015	1,278	1,039	22,0
	BvCcon	140	–	0,728	0,985	0,840	0,851	15,1
	Dg	170	–	1,075	1,243	1,335	1,218	10,8
5	AE	10	35,4	1,503	1,543	2,668	1,904	34,7
	BvBh	20	49,2	1,635	2,740	2,832	2,403	27,7
	Bv(B)	40	38,0	1,412	2,340	2,798	2,183	32,3
	Bv(B)C	80	–	0,973	1,330	1,810	1,371	30,6
	C	150	–	0,570	0,368	0,675	0,538	29,0

zawartości jonów ruchomego żelaza. Różnice wartości cechy pomiędzy dwoma poziomami nie przekraczały 30%, a maksymalne zróżnicowanie wartości cechy pomiędzy poziomami o ekstremalnie różnych zasobach kationów ruchomego żelaza wynosiło od 125,9% w siedlisku łągowym do 446,3% w świetlistej dąbrowie (ryc. 60).

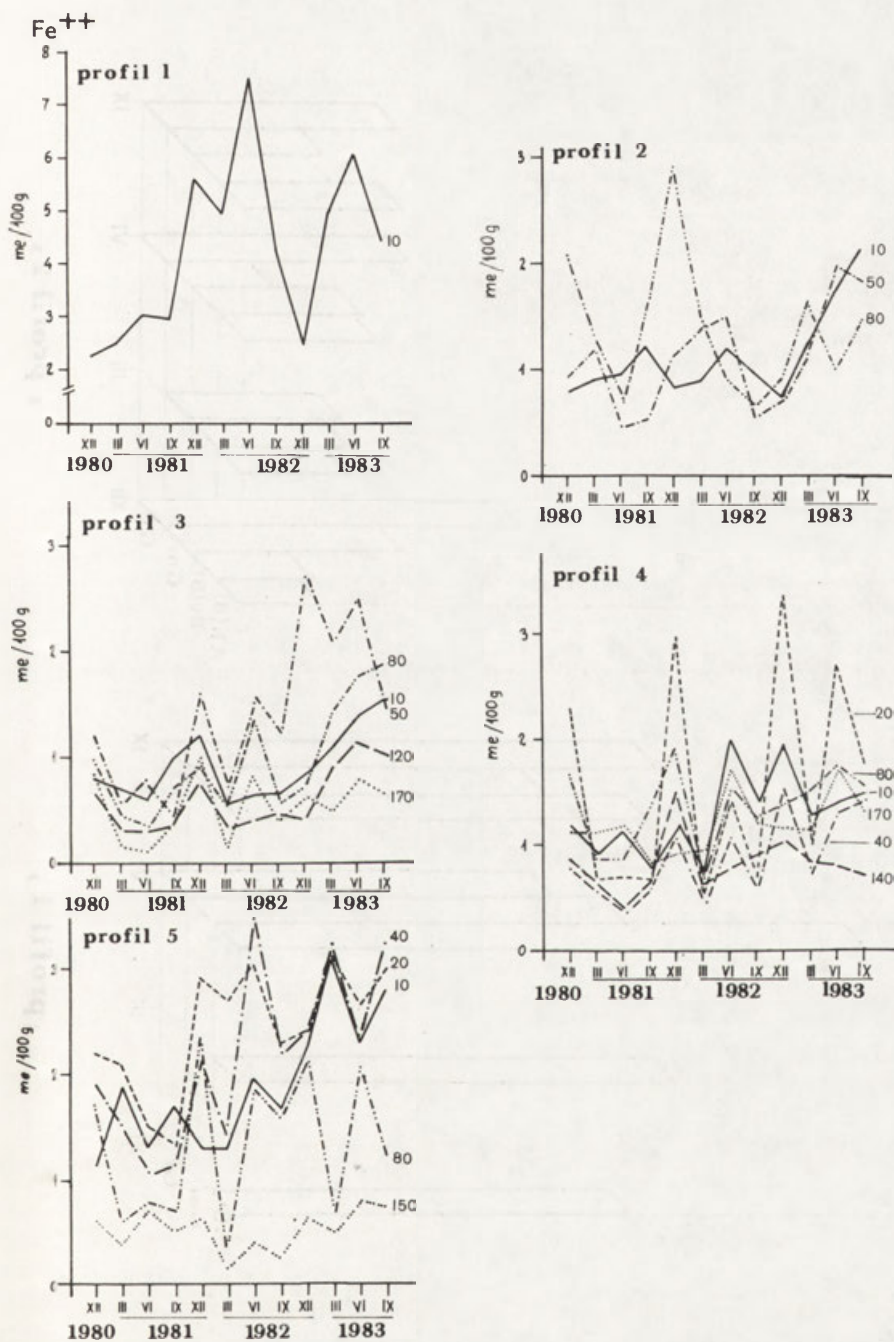
#### Zróżnicowanie siedlisk

Na podstawie analizy statystycznej rozkładu Fe<sup>++</sup> stwierdzono, że zawartość jonów ruchomego żelaza w badanych glebach jest cechą różnicującą katenę na dwie podstawowe, homogeniczne grupy siedlisk:

- łągu jesionowo-olszowego na madzie próchnicznej;
- grądów i świetlistej dąbrowy na glebach automorficznych.

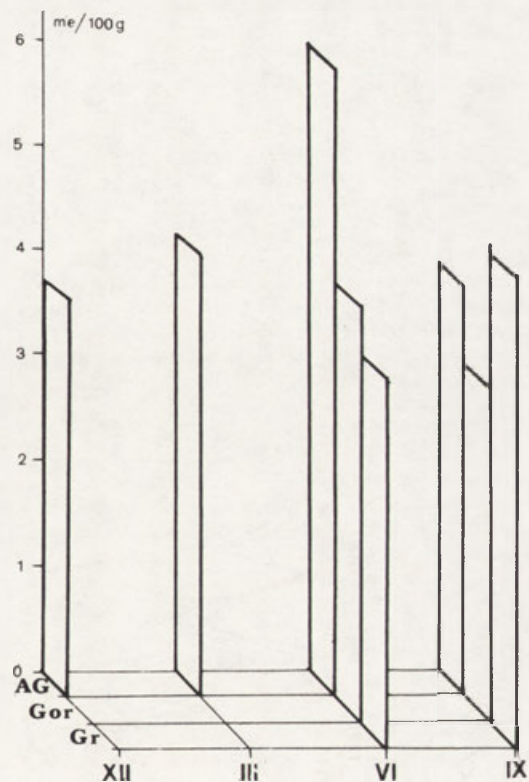
Grupa siedlisk wykształconych na glebach terrestrycznych jest niejednorodna wewnątrz. Od drugiego poziomu analitycznego następuje wyodrębnienie się istotnie statystycznie różnych podgrup, np. świetlistej dąbrowy. W głębiej położonych poziomach, zasobność gleb w jony ruchomego żelaza ma ponownie bardziej wyrównany charakter. Dopiero w poziomie skał macierzystych można



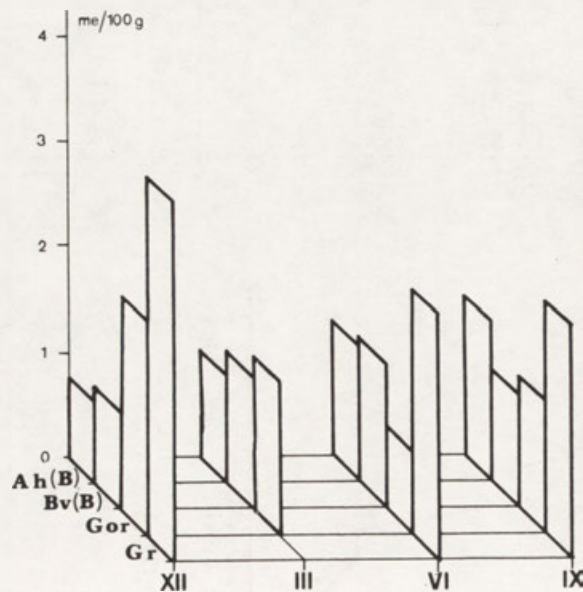


Ryc. 60. Sezonowa dynamika zawartości kationów ruchomego żelaza w okresie badań (XI 1980–X 1983)

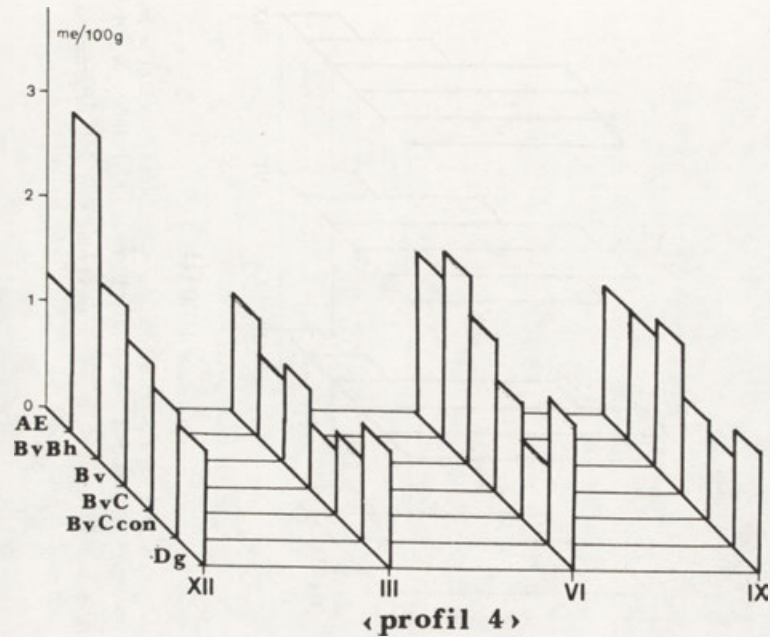
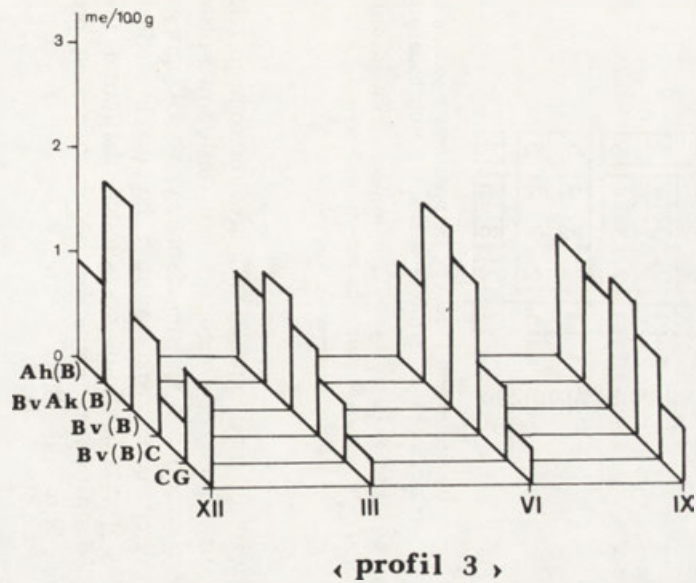
Seasons dynamics of movable iron cations in the research period (XI 1980–X 1983)

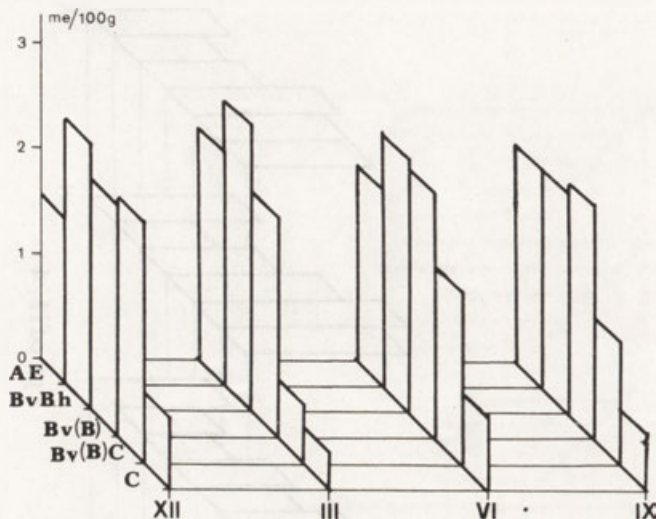
$\text{Fe}^{++}$ 

« profil 1 »



« profil 2 »





« profil 5 »

Ryc. 61. Średni sezonowy rozkład zawartości kationów ruchomego żelaza w badanych glebach określony na podstawie trzech lat obserwacji (XI 1980–X 1980)

Mean seasons distribution of movable iron cations contents in soils determined on the basis of three years study (XI 1980–X 1983)

		Fe <sup>++</sup> obiekty <sup>y</sup>				
poziomy analityczne <sup>x</sup>	1	1	2	3	4	5
	2	1	2	3	4	5
	2a	1	2	3	4	5
	3	1	2	3	4	5
	4	1	2	3	4	5
	4a	1	2	3	4	5
	5	1	2	3	5	4

Ryc. 62. Różnice pomiędzy siedliskami określone na podstawie rozkładu kationów ruchomego żelaza w poszczególnych poziomach analitycznych badanych gleb

Differences between sites determined on the basis of movable iron cations distribution in particular analytic horizons investigated soils

x – analytic horizons, y – objects

wyodrębnić ze względu na dynamikę kationów ruchomego żelaza cztery istotnie statystycznie różne podgrupy siedlisk: łągu jesionowo-olszowego, niskiego grądu, typowego grądu i świetlistej dąbrowy, wysokiego grądu.

Pełną charakterystykę zróżnicowania badanych siedlisk na podstawie przebiegu cechy przedstawiono za pomocą diagramu (ryc. 62). Relacje pomiędzy siedliskami wyrażone liczbą istotnych różnic prezentuje macierz różnic i podobieństw (tab. 53).

Tabela 53

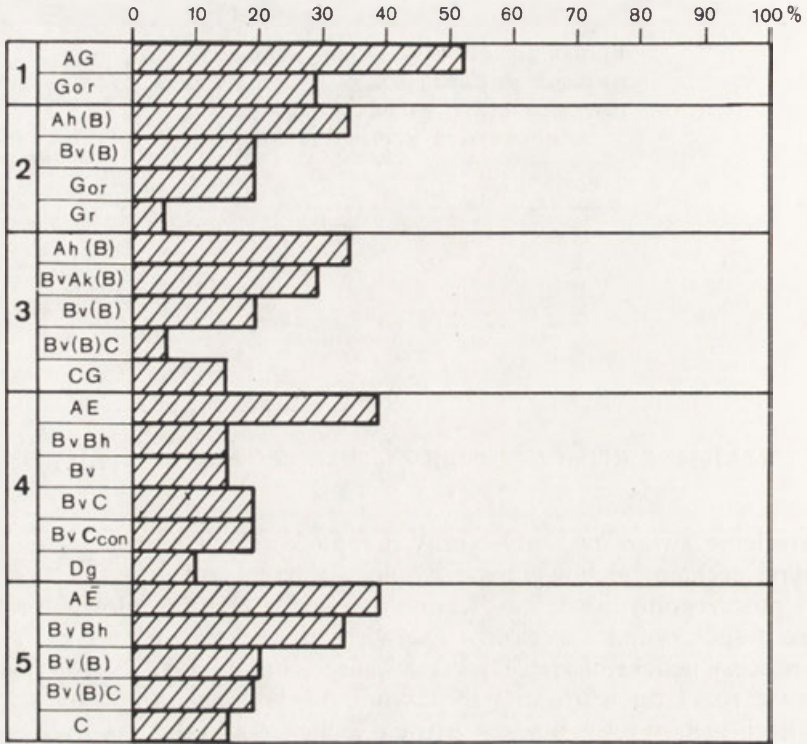
Różnice pomiędzy siedliskami określone na podstawie rozkładu jonów ruchomego żelaza (wyrażone liczbą poziomów analitycznych o istotnie różnym przebiegu cechy)

Profil	1	2	3	4	5
1	×	7	7	7	7
2	7	×	1	1	1
3	7	1	×	1	3
4	7	1	1	×	4
5	7	1	3	4	×

#### WZAJEMNE RELACJE POMIĘDZY POSZCZEGÓLNYMI CECHAMI GLEBOWYMI

Określenie związków statystycznych typu korelacji pomiędzy wszystkimi badanymi cechami glebowymi pozwoliło usystematyzować wzajemne relacje między poszczególnymi właściwościami, otrzymane zaś prawidłowości rozkładu wartości współczynnika wskazały i potwierdziły niektóre współcześnie zachodzące procesy geochemiczne. Dwie zasadnicze charakterystyki stwierdzone na podstawie rozkładu wartości współczynników korelacji to: zmniejszanie się w profilach glebowych wraz ze wzrostem głębokości liczby istotnych statystycznie zależności oraz brak statystycznie istotnych różnic zarówno pomiędzy rozkładem, jak i liczbą stwierdzonych zależności w analizowanych poziomach genetycznych gleb.

Zmniejszenie się wraz z głębokością liczby korelacji było znaczne w poszczególnych glebach. Różnice pomiędzy poziomem akumulacyjno-próchnicznym a skałami macierzystymi wynosiły średnio 300–400% (ryc. 63). Prawidłowości pionowego rozkładu współzależności w 12 powierzchniowych i przypowierzchniowych poziomach genetycznych (do głębokości 50 cm) zasugerowały rozszerzenie analizy statystycznej z 7 do 14 cech. Na jej podstawie stwierdzono, że tylko występowanie nielicznych par właściwości gleb charakteryzowało się bardzo silnym sprzężeniem zwrotnym. W ogólnej liczbie 91 wariantów par cech, zależności bardzo silne, czyli występujące w 10–12 z analizowanych poziomów genetycznych, stanowiły 6,6% (ryc. 64). Należą do nich: wprost proporcjonalny wpływ kationów wymiennego wapnia na sumę kationów zasadowych, kwasowości hydrolitycznej na pojemność sorpcyjną, wymiennego glinu na kwasowość wymienną lub wzajemne oddziaływanie właściwości sorpcyjnych – kwasowości hydrolitycznej, pojemności sorpcyjnej, sumy kationów zasadowych, stopnia wysycenia kompleksu sorpcyjnego kationami o charakterze zasadowym. Bardzo silne współzależności stwierdzono również w występowaniu dwu kationów wymiennych: wapnia i magnezu. Prawidłowość ta występowała także w poziomach genetycznych położonych głębiej, co potwierdza wynik rozkładu cech w układzie ortogonalnym dla wszystkich poziomów genetycznych; wskazując jednocześnie, że jest to najczęściej powtarzająca się zależność w badanych glebach (ryc. 65 i 66).



Ryc. 63. Procentowy udział zależności statystycznie istotnych w stosunku do maksymalnej liczby możliwych korelacji

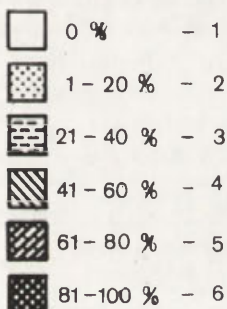
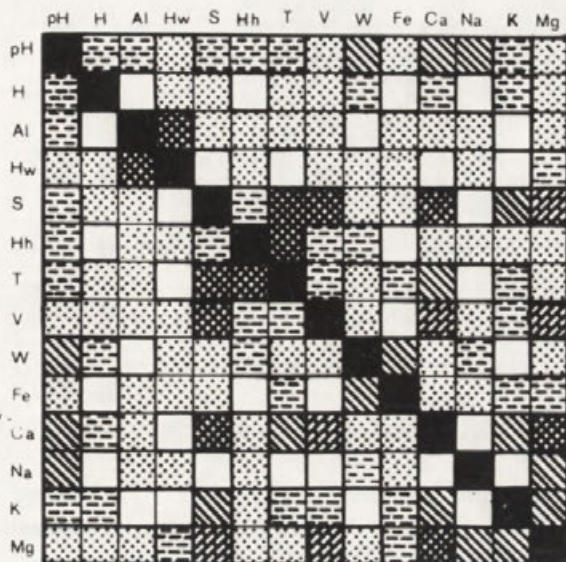
Proportions of statistical significance dependences to the maximal number of potential correlations

Nieco mniejszą liczbę korelacji w powierzchniowych i podpróchnicznych poziomach genetycznych (w 60–80% badanych poziomów) stwierdzono pomiędzy wpływem wymiennego magnezu na stopień wysycenia gleb kationami o charakterze zasadowym.

Przeciętną liczbą zależności, to znaczy występującą w około 50% analizowanych poziomów genetycznych, charakteryzowało się około 10% badanych par cech. Należały do nich: odwrotnie proporcjonalny związek ruchomego żelaza i wilgotności, wzajemne relacje pomiędzy kationami wymiennymi wapnia – potasu, magnezu – sodu, magnezu – potasu, wprost proporcjonalny wpływ wilgotności gleby na jej odczyn i zawartość kationów wymiennego sodu, oddziaływanie odczynu na zawartość wymiennego wapnia i wymiennego sodu, wymiennego potasu na sumę kationów zasadowych, a wymiennego wapnia na pojemność sorpcyjną.

Ponad 60% korelacji, to zależności powtarzające się w 1 do 4 poziomów (na 12 możliwych), czyli rzadko bądź też sporadycznie (ryc. 64).

Ciekawym wynikiem analizy był również stwierdzony brak zależności pomiędzy wieloma podstawowymi cechami glebowymi. Blisko 19% wariantów porównywanych par cech nie wykazywało istotnych statystycznie związków

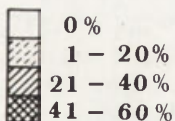
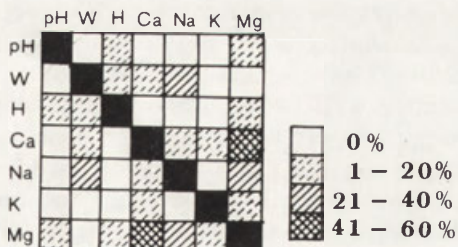


Ryc. 64. Wzajemne relacje pomiędzy 14 badanymi cechami glebowymi w 12 powierzchniowych i podpowierzchniowych poziomach genetycznych

1 - brak zależności, 2 - bardzo słabe, 3 - słabe, 4 - przeciętne, 5 - silne, 6 - bardzo silne.

Interrelations between 14 investigated soils characteristics in the 12 elevated genetic horizons

1 - without connection, 2 - very weak, 3 - weak, 4 - average, 5 - strong, 6 - very strong



Ryc. 65. Wzajemne relacje pomiędzy 7 cechami glebowymi w 10 spągowych poziomach genetycznych

Interrelations between 7 investigated soils characteristics in the 10 bottomed genetic horizons



Ryc. 66. Wzajemne relacje pomiędzy 7 cechami glebowymi we wszystkich badanych poziomach genetycznych

Interrelations between 7 soils characteristics in all investigated soils horizons

w żadnym z 12 powierzchniowych poziomów genetycznych. Do par takich należą między innymi:

- brak związku pomiędzy zawartością jonów wymiennego wodoru a kwasowością hydrolityczną, jonami ruchomego żelaza czy kationami wymiennego sodu;
- brak wpływu wilgotności na zawartość wymiennego glinu i wymiennego potasu;
- brak wpływu kationów wymiennego sodu na sumę kationów zasadowych;
- brak współzależności pomiędzy kwasowością wymienną a kationami wymiennego wapnia, wymiennego potasu, sumą kationów zasadowych i pojemnością sorpcyjną.

W częściach spągowych profili, jak już zaznaczono, następowało zanikanie wielu zależności, które występowały w próchnicznej czy podpróchnicznej strefie gleb (ryc. 65).

#### PODOBIENSTWO I RÓŻNICE POMIĘDZY POSZCZEGÓLNYMI SIEDLISKAMI

Przeprowadzona na podstawie tekstu Dunkana analiza dyferencjacji siedlisk na istotnie statystycznie różne grupy, pozwoliła określić względne podobieństwo pomiędzy poszczególnymi glebami siedlisk, oparte na dynamice (zmienności) 14 cech. Uzyskane wyniki wskazały, że najbardziej zbliżonymi do siebie siedliskami pod względem przebiegu badanych cech są: typowy i wysoki grąd. Z ogólnej liczby 98 analizowanych wariantów pomiarowych (14 cech, 7 poziomów analitycznych) aż w 57% przypadków stwierdzono statystycznie istotne podobieństwo w dynamice właściwości glebowych tych dwu ekosystemów. Najbardziej zbliżonym przebiegiem w glebach tych dwu siedlisk charakteryzowały się: wilgotność, wymienny sól, wymienny wodór, wymienny glin, kwasowość wymienna, kwasowość hydrolityczna, ruchome żelazo; bioty różnicowały zaś rozkłady cech takich jak: wymienny wapń, wymienny potas, wymienny magnez, pojemność sorpcyjna.

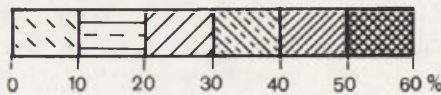
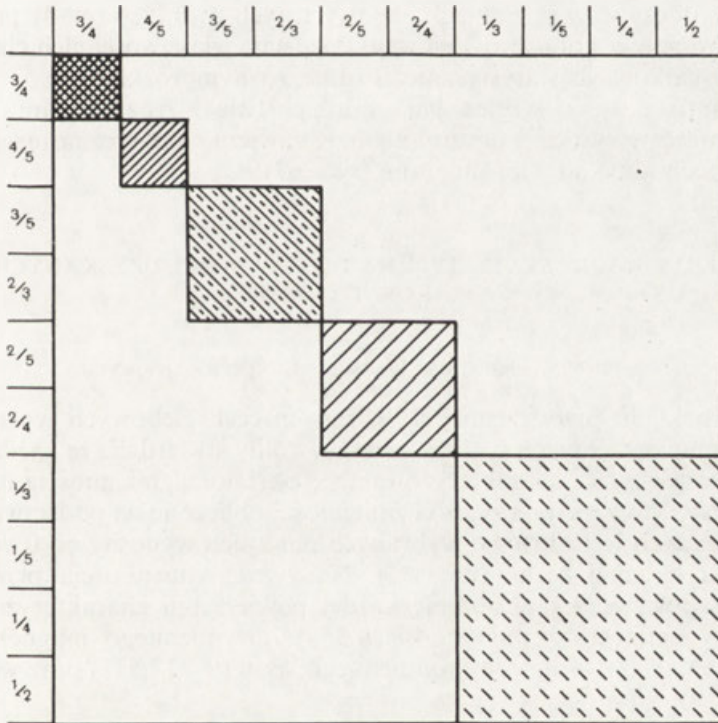
Nieco mniejsze podobieństwo w rozkładzie właściwości gleb stwierdzono pomiędzy świetlistą dąbrową a grądami – typowym i wysokim (39,8–41,1%). Gleby wysokiego grądu i świetlistej dąbrowy różnicowała dynamika



Tabela 54

Sumaryczna macierz względnych różnic pomiędzy poszczególnymi siedliskami (wyrażone liczbą poziomów analitycznych o istotnie różnym przebiegu cechy)

Wariant	Cecha														Suma różnic (%)
	W	pH	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	H <sup>+</sup>	Al <sup>+++</sup>	Hw	S	V	T	Hh	Fe <sup>++</sup>	
1-2	7	6	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	99,9
1-3	7	7	7	7	7	5	7	7	7	7	7	7	7	7	98,0
1-4	7	7	7	7	7	6	7	7	7	7	7	7	7	7	99,0
1-5	7	7	7	7	7	6	7	7	7	7	7	7	7	7	99,0
2-3	7	4	6	7	6	4	3	4	3	6	7	4	4	1	67,3
2-4	7	5	7	7	6	4	2	4	4	7	7	6	4	1	72,4
2-5	7	4	7	7	6	7	4	4	4	7	7	3	3	1	72,4
3-4	2	4	6	5	2	5	1	2	2	4	3	5	1	1	42,9
3-5	5	5	5	5	1	6	4	6	4	4	4	4	3	3	60,2
4-5	6	5	2	3	2	5	3	6	6	2	4	5	4	4	58,2



Ryc. 67. Względne podobieństwo pomiędzy badanymi siedliskami określone na podstawie rozkładu analizowanych cech glebowych

Relative similarity between sites determined on the basis of investigated soils characteristics distribution

wilgotności, odczynu, wymiennego potasu, wymiennego glinu, kwasowości wymiennej, pojemności sorpcyjnej. Podobny przebieg miały natomiast: wymienny wapń, wymienny magnez, wymienny sól, wymienny wodór i suma kationów zasadowych. Glebę typowego grądu od gleby świetlistej dąbrowy wyróżniał silnie rozkład wilgotności, odczynu, wymiennego wapnia, wymiennego magnezu, wymiennego potasu, a także wymiennego glinu. Słabo różnicowały te gleby wymienny sól, ruchome żelazo i kwasowość hydrolityczna.

Jeszcze mniejsze podobieństwo w rozkładzie analizowanych właściwości glebowych charakteryzowało niski grąd z wysokim i typowym grądem (27,6–32,7%). Przebieg tylko dwu cech: wymiennego wodoru i ruchomego żelaza był zbliżony w glebach tych siedlisk. Pozostałe 7 cech w mniejszym lub większym stopniu różnicowały ekosystemy.

Prawie zupełny brak zbieżności charakteryzował przebieg zjawisk glebowych w madzie próchnicznej i w glebach automorficznych. Względne podobieństwo wynosiło zaledwie 1–2%. Cechą łączącą glebę łągu jesionowo-olszowego z glebami autogenicznymi siedlisk grądowych i świetlistej dąbrowy była jedynie dynamika wymiennego potasu, a w odniesieniu do niskiego grądu dodatkowo odczynu w poziomach glejowych tych dwu gleb (mady próchnicznej, gleby brunatnej gruntowo-glejowej). Pozostałe właściwości gleb charakteryzowały się całkowicie statystycznie istotnie różnym rozkładem.

Pełną informację o względnym podobieństwie i zróżnicowaniu siedlisk, uwzględniającą wszystkie warianty analizy, zawiera sumaryczna macierz (tab. 54) oraz pochodny od niej diagram (ryc. 67).

## WERYFIKACJA STATYSTYCZNA POPRAWNOŚCI UZYSKANYCH WYNIKÓW DYNAMIKI

### NATURALNA PRZESTRZENNA ZMIENNOŚĆ CECH GLEBOWYCH

Testy rozkładu przestrzennego wybranych cech glebowych wykonane na wszystkich powierzchniach badawczych pozwoliły stwierdzić, że każda z analizowanych właściwości charakteryzowała się określoną zmiennością naturalną. Wewnątrzobiektywne współczynniki zmienności obliczone na podstawie pomiarów wykonanych w 10 losowo wybranych punktach wynosiły od 0 do 28,5%, zależnie od badanej cechy (tab. 55). Najwyższą zmiennością przestrzenną wartości współczynnika w obrębie każdej powierzchni charakteryzowały się kationy wymiennego wapnia (7,4–28,5%) i wymiennego magnezu (4,2–25,6%), a najniższą – kationy wymiennego sodu (0–17,5%) oraz wilgotność (2,6–12,7%).

Pionowe zróżnicowanie wartości współczynnika w profilach wskazało, że największe zmiany w przestrzennym rozkładzie analizowanych cech wystąpiły w poziomach akumulacyjno-próchnicznych. W poziomach podpróchnicznych następowało wyraźne obniżenie się przestrzennej zmienności naturalnej cech, a różnice pomiędzy wartościami wskaźników dla tych dwu poziomów wynosiły od kilkudziesięciu do kilkuset procent (tab. 55). Niektóre z analizowanych cech, jak: wilgotność, wymienny wapń, wymienny potas charakteryzowały się ponownym wzrostem labilności w poziomach położonych głębiej (rdzawym –

Tabela 55

## Wewnątrzobiektowy współczynnik zmienności wybranych cech

Profil	Poziom	W			pH			Ca <sup>++</sup>			Na <sup>+</sup>			K <sup>+</sup>			Mg <sup>++</sup>		
		P	V	D	P	V	D	P	V	D	P	V	D	P	V	D	P	V	D
		(%)	(%)		(me/100 g)	(%)		(me/100 g)	(%)		(me/100 g)	(%)		(me/100 g)	(%)		(me/100 g)	(%)	
1	AG	24,1 ± 1,3	7,1	5,2	4,25 ± 0,04	12,4	8,8	5,00 ± 0,321	9,0	6,4	0,08 ± 0,005	9,0	6,4	0,09 ± 0,017	25,6	18,3	0,57 ± 0,098	23,3	17,1
	Gor	23,0 ± 1,1	6,9	5,0	5,71 ± 0,02	7,6	5,4	6,14 ± 0,327	7,4	5,3	0,10 ± 0,007	9,6	6,9	0,04 ± 0,005	17,1	12,2	0,35 ± 0,018	7,1	5,1
2	Ah(B)	16,7 ± 0,5	4,4	3,2	4,04 ± 0,04	10,5	7,5	1,15 ± 0,186	22,7	16,2	0,06 ± 0,005	11,1	8,0	0,14 ± 0,020	20,2	14,4	0,30 ± 0,032	15,2	10,8
	Bv(B)	9,6 ± 0,6	9,2	6,6	4,16 ± 0,04	10,6	7,6	0,08 ± 0,014	25,8	16,8	0,06 ± 0,000	0,0	0,0	0,03 ± 0,000	0,0	0,0	0,05 ± 0,002	5,5	4,0
3	Ah(B)	10,3 ± 0,9	12,0	8,8	4,15 ± 0,02	7,9	5,6	0,97 ± 0,147	21,1	15,1	0,07 ± 0,005	9,5	6,8	0,11 ± 0,017	22,0	15,7	0,26 ± 0,029	16,3	11,6
	BvAk(B)	3,1 ± 0,1	6,4	4,5	4,27 ± 0,02	8,0	5,7	0,10 ± 0,014	19,5	13,9	0,05 ± 0,003	8,0	5,7	0,02 ± 0,001	10,2	7,3	0,04 ± 0,005	15,3	10,9
4	AE	11,9 ± 1,1	12,7	9,1	3,81 ± 0,07	20,4	16,0	0,25 ± 0,050	28,5	20,4	0,07 ± 0,009	17,5	12,5	0,11 ± 0,021	27,4	19,6	0,13 ± 0,024	25,6	18,3
	BvBh	5,3 ± 0,1	3,8	2,6	4,43 ± 0,06	19,1	13,6	0,04 ± 0,004	11,7	8,4	0,02 ± 0,003	17,2	12,3	0,04 ± 0,004	11,2	8,0	0,04 ± 0,006	20,9	14,9
	Bv	4,0 ± 0,3	9,9	6,9	4,71 ± 0,06	18,3	13,1	0,03 ± 0,003	13,2	9,4	0,05 ± 0,003	10,0	7,2	0,04 ± 0,003	11,4	8,2	0,02 ± 0,004	21,7	15,5
5	AE	14,6 ± 0,7	7,1	5,1	4,18 ± 0,06	20,2	14,4	0,58 ± 0,091	21,9	15,6	0,07 ± 0,008	15,6	11,2	0,19 ± 0,025	18,3	13,1	0,16 ± 0,010	8,8	6,3
	BvBh	8,9 ± 0,2	2,6	1,8	4,18 ± 0,04	10,7	7,2	0,12 ± 0,013	14,9	10,7	0,06 ± 0,004	9,1	6,5	0,09 ± 0,005	7,7	5,5	0,06 ± 0,003	7,7	5,5
	Bv(B)	6,5 ± 0,2	3,8	2,8	4,41 ± 0,06	18,1	13,8	0,07 ± 0,008	15,3	10,9	0,06 ± 0,004	9,8	7,0	0,06 ± 0,002	5,4	3,8	0,04 ± 0,001	4,2	3,0

D – współczynnik dokładności oszacowania średniej; V – współczynnik zmienności przypadkowej.

profil 4, brunatnym – profil 5). Na podstawie przeprowadzonego testu obejmującego tylko poziomy przypowierzchniowe trudno jest jednak ocenić pionowy rozkład labilności cech w profilach.

Wśród analizowanych poziomów genetycznych, najwyższe wartości współczynnika zmienności zanotowano w poziomie próchniczoeluwialnym gleby rdzawej bielcowanej (siedlisko wysokiego grądu); najniższa naturalna labilność wystąpiła w poziomie brunatnym gleby brunatnej gruntowo-glejowej (siedlisko niskiego grądu).

OSZACOWANIE POTENCJALNEGO OBCIĄŻENIA WYNIKÓW DYNAMIKI  
NATURALNĄ ZMIENNOŚCIĄ PRZESTRZENNĄ CECH

W wyniku niedoskonałości metod, którymi dysponuje się w badaniach dynamiki właściwości glebowych, uzyskiwane wyniki są obciążone wartością naturalnej zmienności przestrzennej cech. Przyczyną powstawania ewentualnych obciążeń wyników dynamiki cech jest niejednopunktowe pobieranie próbek materiału glebowego do analiz laboratoryjnych. Każde następne wiercenie wykonywano z kilku-lub kilkunastocentymetrowym przesunięciem w stosunku do poprzedniego. Suma kilkuset wierceń, które wykonano na każdej powierzchni badawczej w okresie trzech lat badań, rozłożona była zatem w przestrzeni.

Porównanie wartości współczynników zmienności, obliczonych na podstawie trzyletniej serii pomiarów dynamiki właściwości glebowych i pomiarów naturalnego rozkładu przestrzennego cech w poszczególnych siedliskach, pozwoliło oszacować obciążenie wyników zmienności cech w czasie ich naturalną zmiennością przestrzenną. Stwierdzono, że we wszystkich analizowanych poziomach genetycznych, wartość współczynnika naturalnej zmienności przestrzennej na danej powierzchni badawczej była od kilku do kilkunastu razy mniejsza od wartości współczynnika zmienności czasowej (tab. 56).

Tabela 56

Stosunek współczynnika dynamiki badanych cech do współczynnika naturalnej zmienności przestrzennej

Profil	Poziom	W	pH	Ca <sup>++</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Mg <sup>++</sup>
1	AG	2,9	10,5	3,3	7,6	2,4	2,2
	Gor	2,2	9,9	3,9	7,3	3,5	2,8
2	Ah(B)	11,5	8,0	2,5	5,4	3,2	3,1
	Bv(B)	4,2	5,9	1,7	∞	∞	10,9
3	Ah(B)	3,9	5,6	2,8	6,0	3,0	3,3
	BvAk(B)	5,8	7,9	2,8	7,6	3,6	2,2
4	AE	3,8	3,2	2,1	3,2	1,7	2,1
	BvBh	10,0	2,2	4,8	3,4	4,9	3,6
	Bv	3,1	2,3	4,9	5,6	3,5	3,9
5	AE	7,4	2,9	2,8	3,8	3,3	5,5
	BvBh	16,8	3,5	3,6	7,7	7,4	8,8
	Bv(B)	9,2	2,3	4,0	6,1	16,3	19,9

Teoretyczne i jednocześnie maksymalne obciążenie uzyskanych wyników dynamiki badanych cech ich naturalną zmiennością przestrzenną na całej powierzchni doświadczalnej nie powinno przekraczać 10–15%. Określone średnie potencjalne obciążenie dla poszczególnych cech wynosiło odpowiednio: W – 14,8%; pH – 18,6%; Ca<sup>++</sup> – 30,6%; Na<sup>+</sup> – 9,9%; K<sup>+</sup> – 11,1%; Mg<sup>++</sup> – 17,6%.

Wpływ przestrzennej zmienności danej cechy na wartości dwu kolejnych pomiarów był zapewne dużo mniejszy, zważywszy że każde następne punkty pobierania próbek lokalizowano bardzo blisko siebie, w odstępach kilku lub kilkunastu centymetrów.

## PODSUMOWANIE I Dyskusja Wyników

Czynnikiem, który wywarł zasadniczy wpływ na badane środowisko pedogeniczne była morfogeneza terenu. W okresie glacialnym rzeźba determinowała rozwój zjawisk sedymentacyjnych, a w późniejszym – peryglacialnym kierunkowała zjawiska hydrogeologiczne i wietrzeniowe. Zjawiska te z kolei określały warunki ewolucji współczesnej naturalnej szaty roślinnej, a tym samym całych biogeocenoz (Degórski 1985).

Analizowana toposekwencja jest kateną glebowo-roślinną, wykształconą w tym samym materiale geologicznym, którym są redeponowane piaski czwartorzędowe. Właściwości litologiczne podłoża są zatem zbliżone do siebie we wszystkich badanych profilach (fluwialny charakter osadów, skład petrograficzny), jakkolwiek stwierdzono pewne zasadnicze różnice i prawidłowości w przestrzennym rozkładzie fizykochemicznych cech substratu, nawiązujące do wieku osadów. Im młodszy materiał sedymentacyjny charakteryzującym się krótszym okresem dezintegracji i przemywania, tym wyraźniej zmniejsza się udział kwarcu oraz skaleni we frakcji lekkiej piasków, a wzrasta udział minerałów odpornych we frakcji ciężkiej. Zwiększa się również udział ciężkich frakcji w składzie mechanicznym oraz granulometryczna niejednorodność.

Z orografią terenu i przestrzennym rozkładem cech podłoża geologicznego zgodny był również kierunek zmienności hydrotroficznymi właściwościami gleb wyrażony zmniejszaniem się troficzności i wilgotności wraz ze wzrostem wysokości jak też wieku osadów. Współzależność tę potwierdziła między innymi wysoka wartość korelacji pomiędzy zawartością części spławialnych a właściwościami sorpcyjnymi gleb ( $r = 0,64 - 0,84$ ) oraz wzrastająca wraz z wysokością rozbieżność pomiędzy właściwościami sorpcyjnymi badanych gleb a warunkami optymalnymi dla rozwoju roślinności leśnej (Scheffer, Schachtschabel 1965; Armson 1977).

Na przebieg procesów glebotwórczych wywierał ogromny wpływ element biotyczny (oddziałujący zarówno współcześnie, jak i w przeszłości), modyfikujący pierwotną morfologię i strukturę przestrzeni i tworzący określone ekosystemy. Najstarsze pod względem sedymentacyjnym powierzchnie, na których rośnie świetlista dąbrowa (*Potentillo albae-Quercetum*), zgodnie z określonym kierunkiem zmian, winny charakteryzować się najniższą wilgotnością i troficznością gleb. W stosunku do niżej położonych powierzchni grądu wysokiego, w siedlisku świetlistej dąbrowy zaobserwowano jednak wzrost biologicznej aktywności gleby (węższy stosunek C:N, wyższe wartości zależności  $Fe_w:C_f$ ), dalej posuniętą ewolucję substancji organicznej (przewaga frakcji związanej nad wolną, więcej humin i kwasów huminowych), lepszą strukturę

i porowatość gleby oraz większą zawartość składników chemicznych. Wyższa troficzność gleby w siedlisku świetlistej dąbrowy, która jest wynikiem określonych procesów geochemicznych, może być także następstwem opadu dębowego, szczególnie zasobnego w związku azotu, wapnia, potasu i fosforu (wg Wittich, Fiedlera, Kraussa 1960; za Prusinkiewiczem 1975; Crieve 1977).

Wśród grupy siedlisk grądowych (fitosocjologicznie należących do jednego zespołu *Tilio-Carpinetum*) przestrzenny rozkład właściwości hydrotroficznych gleb nawiązywał do głównego kierunku zmian w całej katenie. Najwilgotniejszą i najżyźniejszą w tej grupie siedlisk była gleba brunatna gruntowo-glejowa grądu niskiego (*Tilio-Carpinetum corydaletosum*), najuboższą w składniki pokarmowe i najsuchszą – gleba rdzawa bielicowana grądu wysokiego (*Tilio-Carpinetum calamagrostietosum*). Różnice w wartościach wilgotności oraz zawartości poszczególnych składników glebowych pomiędzy grądem niskim a wysokim wynosiły około 200%.

Z kierunkiem zmian właściwości litologiczno-podologicznych zgodny był również rozkład wartości potencjału glebowego dla rozwoju roślinności lasów liściastych określony na podstawie analiz i ocen K. A. Armsona (1977) oraz S. Spura i B. Barnes (1980), a także elastyczność gleb na działanie czynników zewnętrznych wyrażona wskaźnikiem Ulricha (Ulrich in. 1984).

Ekologiczną odrębność poszczególnych pedofitosocjologicznie ujętych typów siedlisk określał przebieg dynamiki analizowanych cech glebowych dostarczając zarazem wiarygodnych kryteriów klasyfikacji. Cechą o najwyższym walorze taksonomicznym była wilgotność. Na podstawie kształtowania się stosunków wodnych we wszystkich poziomach genetycznych analizowanych gleb można było wyodrębnić cztery istotnie statystycznie różne grupy. Oznacza to, że prawie każde siedlisko wyróżniało się odmiennym reżimem hydrologicznym. Trzy grupy siedlisk istotnie różniące się danymi właściwościami glebowymi wydzielono na podstawie wieloletniego rozkładu charakterystyk: sumy kationów o charakterze zasadowym, wymiennego wapnia, wymiennego sodu i wymiennego magnezu. Pozostałe cechy charakteryzują się niższym walorem taksonomicznym. Dynamika pojemności sorpcyjnej, kwasowości hydrolitycznej, wymiennego wodoru, wymiennego glinu, ruchomego żelaza, kwasowości wymiennej i odczynu, pozwalają wydzielić tylko dwie grupy siedlisk: na glebie semihydrycznej oraz na glebach autogenicznych. Wymienny potas natychmiast, nie różnicuje badanych ekosystemów na grupy o odmiennym rozkładzie cechy w całym profilu.

Przedstawiony podział badanych gleb na grupy o odmiennej dynamice danej cechy uwzględniał różnice w jej przebiegu pomiędzy wszystkimi poziomami genetycznymi poszczególnych profili. W przypadku rozpatrywania analogicznego przebiegu tylko w jednym poziomie „analitycznym” zróżnicowanie pomiędzy siedliskami było dużo większe. Stwierdzono, że ulega ono nasileniu wraz z głębokością, co oznacza, że poziomy mineralno-próchniczne badanych gleb charakteryzują się istotnie statystycznie większym podobieństwem aniżeli poziomy mineralne. W skałach macierzystych, aż 14 spośród 15 analizowanych właściwości (93,3%) różnicowało badane siedliska na 4 lub 5 grup, czyli każdy lub prawie każdy ekotop stanowił oddzielną, statystycznie różną grupę, podczas gdy w poziomach powierzchniowych żadna z analizowanych cech glebowych nie stanowiła kryterium podziału na więcej niż trzy

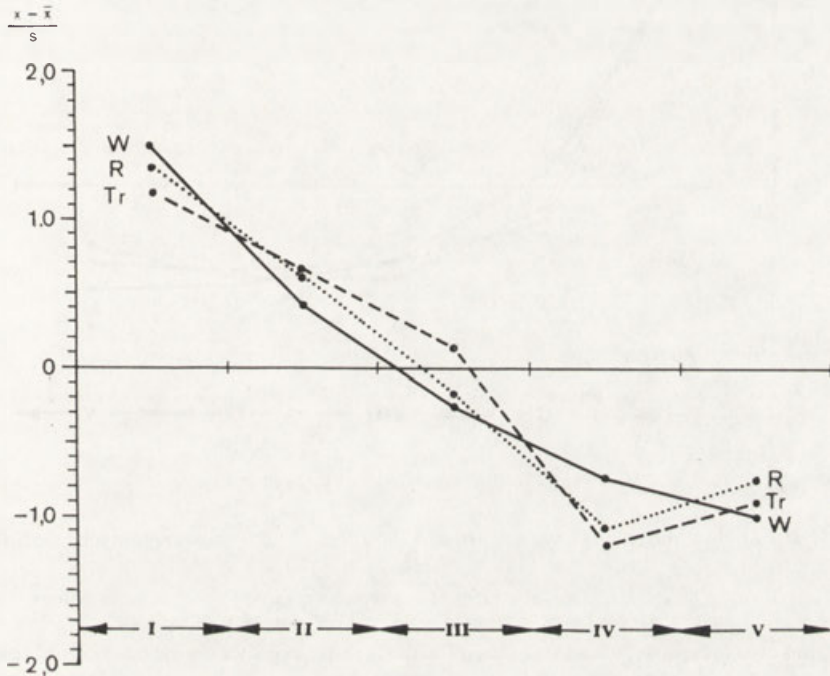
grupy. Podobny skład florystyczny zbiorowisk grądowych, czyli zbliżony pod względem fizykochemicznym opad roślinny, oddziałujący humusotwórczo, wpływa na wyrównywanie różnic właściwości petrograficzno-litologicznych substratu, powierzchniowych poziomów genetycznych gleb w tych siedliskach. Potwierdza to największe względne podobieństwo pomiędzy wysokim grądem a typowym grądem, określone na podstawie przebiegu wszystkich analizowanych cech w całym profilach glebowych.

Kierunek przestrzennego rozkładu właściwości w katenie, podkreślał również przebieg stosunków hydrologicznych, będących zarazem jednym z ważniejszych elementów środowiska oddziałujących na ekologiczną odrębność poszczególnych siedlisk. Na najwyższych terasach dolinnych i na wysoczyźnie, znaczna miąższość osadów piaszczystych przykrywających podłoże podczwartorzędowe powoduje głębokie zaleganie wód gruntowych. W siedliskach świetlistej dąbrowy i wysokiego grądu nie biorą one udziału w kształtowaniu się zapasu wody glebowej. Głównym jego źródłem są więc opady atmosferyczne oraz w mniejszym stopniu woda kondensacyjna. Mały obieg pozbawiony podsiąku kapilarnego wody gruntowej jest bardzo niekorzystny do rozwoju roślinności w warunkach klimatu polskiego (Kuźniar 1935). Procentowy udział wydatku wodnego na transpirację i parowanie w okresie wegetacji w stosunku do wydatku całorocznego (100%) wynosi dla lasów liściastych 76–88% (Bac 1961). W badanym obszarze jest to około 360–420 mm wody. W latach o przeciętnych warunkach klimatycznych (głównie hydrotermicznych) ilość ta jest równoważona sumą opadów, które w okresie wegetacyjnym stanowią około 60% opadu rocznego (360 mm). W tych warunkach równoważne są między sobą pozostałe elementy bilansu hydrologicznego: kondensacja pary wodnej oraz odpływ gruntowy i powierzchniowy. Odmienne warunki hydrologiczne występują natomiast w okresach suchszych. W Polsce lata ze zjawiskami suszy i posuchy występują cyklicznie (Degórski 1979). W glebach analizowanych ekosystemów obserwowano wówczas deficyt wody, np. w 1983 r. charakteryzującym się najbardziej niekorzystnymi warunkami higrotermicznymi, opady okresu wegetacyjnego stanowiły tylko około 45% opadu rocznego (244 mm), powodując potencjalne zmniejszenie się wilgotności gleb o kilkadziesiąt procent. Dodatkowo w materiale piaszkowym mała retencja postniwalna szybko zmniejszała się. Spowodowało to bardzo wczesne wystąpienie niskiego poziomu zapasów wody glebowej. Jednocześnie część opadów atmosferycznych nie infiltrowała do gleby, gdyż w obszarach leśnych występują: intercepcja (Kasprzyk 1977), retencja próchnicy nadkładowej (Degórski 1979), powierzchniowe parowanie oraz w okresie przesuszenia – zjawiska hydrofobowe (Bac 1953; Degórski 1979). Można zatem stwierdzić, że opad efektywny, czyli biorący udział w kształtowaniu się gospodarki wodnej gleb, był jeszcze o około 20% mniejszy. Realny deficyt wody w glebach o endoperkolatywnych stosunkach wodnych, w odniesieniu do średniego stanu wilgotności, wynosił około 50–60%. Gleba o periperkolatywnym typie gospodarki wodnej (łęg jesionowo-olszowy) charakteryzowała się wolniejszym tempem zmniejszania się wilgotności w ciągu roku i znacznie mniejszym deficytem wody glebowej, na co wpływ miał widoczny w profilach podsiąki kapilarny.

Ekologiczną słuszność przyjętego podziału kateny na jednostki pedofitosocjologiczne podkreślał także rozkład wartości wskaźników bioindykacyjnych



(Zarzycki 1984). Określone dla poszczególnych ekosystemów wartości indeksów ekologicznych (w zakresie odczynu, wilgotności i troficzności) pokrywały się z wartościami analogicznych cech glebowych, a kształt funkcji aproksymacyjnej zgodny był z ogólnym kierunkiem zmian właściwości cech w toposekwencji (ryc. 68, 69). Podobnie, jak na podstawie danych empirycznych, również



Ryc. 68. Rozkład standaryzowanych wartości określonych dla poszczególnych siedlisk na podstawie ekologicznych wskaźników Zarzyckiego

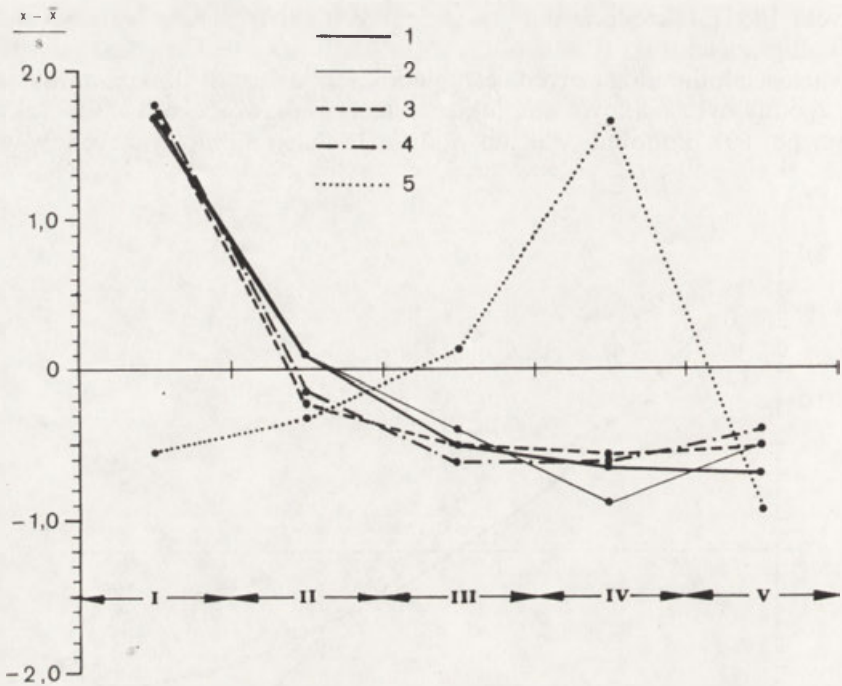
*R* – wskaźnik odczynu, *Tr* – wskaźnik troficzności, *W* – wskaźnik wilgotności

Distribution of standardized values calculated for the investigated sites on the basis of ecological indicators

*R* – reaction indicator, *Tr* – trophic indicator, *W* – moisture indicator

i w obliczonych charakterystykach ekologicznych można zaobserwować wyraźny wzrost wskaźników w zespole *Potentillo albae-Quarcetum*. Jedyne ekologiczna charakterystyka wilgotności określa świetlistą dąbrowę jako najsuchsze zbiorowisko kateny. Pomimo stwierdzonych empirycznie wyższych wartości wilgotności gleby w siedlisku świetlistej dąbrowy niż w siedliskach grądu (*Tilio-Carpinetum typicum* i *Tilio-Carpinetum calamagrostetosum*), rzeczywisty zapas wody dostępnej dla roślin jest tu mniejszy. Wynika to z adsorpcyjnych właściwości drobnoziarnistych piasków sedymentacji kemowej, utrzymujących znaczne ilości wody silniej związanej, czyli fizjologicznie nieużytecznej dla roślin. Maksymalna higroskopijność w profilu 5 ( $MH = 1,58$ ) była dwukrotnie wyższa aniżeli w profilu 4.

Niezależnie od wyraźnych (statystycznie istotnych) różnic w przebiegu poszczególnych właściwości glebowych w siedliskach podkreślających ich



Ryc. 69. Rozkład standaryzowanych wartości określonych dla poszczególnych siedlisk na podstawie badań glebowych

1 - zapas wody dostępnej dla roślin, 2 - zawartość kationów wymiennego wapnia, 3 - zawartość frakcji ilastej, 4 - stopień nasycenia gleby kationami zasadowymi, 5 - stosunek C:N

Distribution of standardized values calculated for the investigated sites on the basis of soil research  
1 - water stock accessible to plants, 2 - exchangeable calcium cations, 3 - clay fraction, 4 - degree of base saturation, 5 - carbon - nitrogen ratio

odrębność ekologiczną, wszystkie analizowane cechy charakteryzowały się w każdym roku zbliżoną zmiennością w czasie (w ekstremalnie różnych warunkach pogodowych, które wystąpiły w kolejnych latach obserwacji). Dynamika trzynastu spośród piętnastu badanych cech miała charakter powtarzających się sezonowych wahań. Roczny przebieg tylko dwu właściwości (kwasowości wymiennej i sumy kationów zasadowych) wykazywał nieregularną rytmikę zmian.

Cechą, która odegrała w badanych ekosystemach szczególną rolę siedlisko-twórczą jest wilgotność. Z jednej strony, była ona najbardziej wrażliwa na wpływ czynników egzogenicznych, a przebieg jej nawiązywał zarówno do dynamiki właściwości higrotermicznych, jak i jej wieloletniego kierunku zmian. Z drugiej strony - sama określała przestrzenny i pionowy rozkład zjawisk glebowych, szczególnie takich cech, jak: odczyn, wymienny sól czy ruchome żelazo. Rozkład wilgotności w analizowanych profilach można zatem uznać za indyktor nie tylko stosunków wodnych w biotopach, ale również jako wskaźnik kierunkowych zmian innych właściwości tworzących wspólny - spójny układ zależności. W rocznym przebiegu stosunków wodnych wyodrębniło

się pięć istotnie różnych okresów charakteryzujących się odmiennym typem współzależności higrotermicznych.

1. Okres późnojesiennie-zimowy (XI–I) – zmiana stosunków higrotermicznych charakteryzująca się wzrostem opadów przy jednoczesnym spadku temperatury. Następowало radykalne zmniejszanie się ewapotranspiracji oraz wzrost infiltracji. Wzrastała wilgotność gleb, szczególnie w górnych częściach profili. Pod koniec okresu zapasy wody osiągały w glebach automorficznych poziom zbliżony do stanu połowej pojemności wodnej, w glebie semihydrycznej – były od niego wyższe.

2. Okres przedwiosenny (II–III) – wzrost wilgotności w całych profilach glebowych wywołany szybką infiltracją wód ablacyjnych oraz podsiąkiem kapilarnym wody gruntowej, której poziom jest najwyższy w roku. W glebach semihydrycznych następuje wypełnienie przestworów ponadkapilarnych. Okres ten charakteryzuje się najwyższą retencją wody glebowej, przewyższającą stan połowej pojemności wodnej.

3. Okres wiosenny (IV–VI) – ujemny bilans hydrologiczny w glebach (przewaga ewapotranspiracji, parowania powierzchniowego, odpływu grawitacyjnego nad opadami i kondensacją). Zmniejszanie się wilgotności, a zatem zapasów wody glebowej w całych profilach.

4. Okres letni (VII) – krótkotrwały, powierzchniowy wzrost wilgotności gleby wywołany letnim wzrostem opadów.

5. Okres późnoletnio-jesienny (VIII–X) – najsilniejsze w ciągu roku przesuszenie gleby. W latach ze zjawiskami suszy czy posuchy, wilgotność okresowo zbliżała się do stanu równego wodzie związanej, a zapasy wody były tylko o kilkanaście milimetrów wyższe od granicy niezbędnej do życia biologicznego. Charakterystyczny dla tego okresu jest pionowy rozkład wilgotności w profilach. Strefa najwilgotniejsza ograniczała się do kilkucentymetrowej warstwy poziomu mineralno-próchnicznego. W tej warstwie gleby zachodziła główna część procesów hydrologicznych. Z jednej strony była to strefa najsilniejszej ewapotranspiracji, z drugiej – zachodziła w niej kondensacja pary wodnej z powietrza atmosferycznego. Swobodny spływ grawitacyjny zarówno wody kondensacyjnej, jak i opadowej był minimalny. W literaturze przedmiotu jako jedną z przyczyn utrudnionej infiltracji w warunkach przesuszenia gleby podaje się różnicę temperatury pomiędzy powierzchnią gleby a opadem atmosferycznym, wywołującą powstawanie tak zwanego „korka wodnego” (Bac 1953; Degórski 1979). Przemieszczanie wody w głąb profilu mogło odbywać się zatem tylko przestworami nadkapilarnymi lub kanalikami powstałymi w wyniku mechanicznego działania korzeni. Wywierało to określone uwarunkowania w głębie położonych poziomach genetycznych. W strefie środkowej profili (50–120 cm) powstawały obszary o najniższej retencji wodnej, zasilane prawie wyłącznie wodą przemieszczającą się w wyniku panujących w glebie gradientów termicznych – ruch termokapilarny (Ciszewski 1970) i gradientów wilgotności – ruch kapilarny i molekularny (Kowalkowski 1976b).

Zaprezentowany podział roku na okresy o różnym typie stosunków wodnych w glebach jest próbą uzupełnienia dotychczasowych podziałów przeprowadzonych na podstawie badań w innych typach gleb oraz innych częściach Niżu Polskiego przez A. Kowalkowskiego (1961, 1976b).

Dynamika wilgotności, jak już zaznaczono, określała przebieg innych cech w ekosystemach. Obniżanie się wilgotności gleb w okresie wegetacyjnym korespondowało ze spadkiem wartości pH. Głównymi przyczynami wzrostu kwasowości pod koniec okresu wegetacyjnego prezentowanymi w literaturze przedmiotu, a mającymi odniesienie do warunków ekologicznych analizowanych siedlisk są:

- wzrost temperatury powietrza i gleby wpływający na skład gatunkowy oraz liczebność populacji drobnoustrojów (Richards 1979);
- nasilenie działalności mikroorganizmów, wytwarzanie przez mikroflorę kwasów wydzielanych poza komórki (Bajpai, Rao 1971);
- wymywanie kationów zasadowych pod wpływem intensywnych letnich opadów atmosferycznych (Van der Paazew 1965;)
- wzrost zawartości kwasu azotowego i siarkowego w poziomach genetycznych o małym nasyceniu kompleksu sorpcyjnego kationami zasadowymi, wywołany utlenianiem się w warunkach przesuszenia siarczków i azotynów (Ulrich, Matzner 1983; Ulrich 1984).

Szczególnie wyraźnie zjawisko wzrostu kwasowości czynnej wystąpiło w poziomie akumulacyjnym mady, pomimo znacznych zdolności buforowych, próchnicznych gleb mineralnych. Obniżanie się wód gruntowych i związany z nim gwałtowny spadek wilgotności wywołały silniejsze niż w innych glebach utlenianie się związków chemicznych nagromadzonych w substancji organicznej oraz rozwój drobnoustrojów.

Sezonem, w którym również zaznaczało się znaczne zakwaszenie gleb było przedwiośnie. Na rozkład pH w tym okresie, obok czynników endogenicznych (uwalnianie  $H^+$  przy pobieraniu jonów zasadowych), duży wpływ miała zimowa akumulacja opadów atmosferycznych zawierających antropogeniczną siarkę siarczanową. W lutym lub marcu w wyniku procesów ablacji następowało uwalnianie związków siarki i przenikanie ich w głąb profili (Degórski 1987). Niska (profile 3, 4, 5) lub średnia (profil 2) odporność powierzchniowych poziomów gleb autogenicznych na działanie czynników zewnętrznych (określona na podstawie wskaźnika elastyczności gleb – Ulricha i in. 1984) sprzyjała procesowi zakwaszania.

Z sezonowym rozkładem niezwiązanych z kompleksem sorpcyjnym jonów wodorowych koresponduje także przebieg potencjalnej kwasowości (wymiennej i hydrolitycznej).

Istotne statystycznie związki z wilgotnością w okresie wegetacji, jak i wieloletnim przebiegiem zjawisk higrtermicznych, wykazywała dynamika kationów ruchomego żelaza. Ruchome żelazo, jako najbardziej labilna forma żelaza wolnego, w okresie humidowanym ulegało szybkiemu uruchamianiu i wymywaniu poza profil, w okresach suchych zaś przy ewapotranspiracyjnym typie gospodarki wodnej następowała jego akumulacja. Najsilniejszy wzrost obserwowano w poziomach próchnicznych, iluwalnych i glejowych. W ostatnich duży wpływ na wzbogacenie w jony  $Fe^{++}$  wywierały procesy oksyredukcyjne i kapilarny podsiąk wód gruntowych, które w badanym obszarze zawierają znaczne ilości związków żelaza (Wicik 1972). Podobne wyniki w glebach brunatnoziemnych i bielicoziemnych uzyskali L. D. Witlig, A. L. Pagel (1961), K. Konecka-Betley (1968) i E. C. Marshall (1977).

Fenologiczny układ zmian zjawisk higrtermicznych wywierał także wpływ

na przebieg zawartości wymiennych kationów o charakterze zasadowym. Labilność i pionowy rozkład poszczególnych kationów był różny, a kształt oraz wielkość zmian zależała od wielu czynników pedologicznych, np. energii wyjścia danego kationu z kompleksu sorpcyjnego, rozkładu kwasowości itd. Największą stabilnością spośród analizowanych kationów zasadowych charakteryzował się wymienny wapń, a następnie wymienny magnez. W świetle dotychczasowych badań wiadomo, że przy kwaśnym odczynie jony  $Mg^{++}$  są łatwiej usuwalne z kompleksu sorpcyjnego gleb przez jony  $H^+$  oraz szybciej wymywane w głąb gleby aniżeli kationy  $Ca^{++}$  (Greenland, Hayes 1981). W badanych glebach, zależność tę podkreślał zgodny z kierunkiem wzrostu odczynu, pionowy rozkład stosunku  $Ca:Mg$  (charakteryzujący się zmniejszaniem wartości z głębokością gleby), wskazując na wzrastający udział magnezu w kompleksie sorpcyjnym głębiej położonych poziomów genetycznych. Należy jednak zaznaczyć, że – zgodnie z kryterium oceny warunków ekologicznych gleb H. Uggli i Z. Uggli (1979) – we wszystkich profilach i poziomach genetycznych (z wyjątkiem poziomu akumulacyjno-próchnicznego mady) stosunek pomiędzy wymiennym wapniem a wymiennym magnezem był korzystny dla rozwoju roślinności leśnej, niezależnie od znacznych różnic, jakie wystąpiły w pionowym rozkładzie wartości tej proporcji. Pomiędzy poziomem mineralno-próchnicznym a skałami macierzystymi anomalie wynosiły nawet około 50% i nie ulegały statystycznie istotnemu zróżnicowaniu pomimo wyraźnego rocznego kierunku zmian zawartości wymiennych kationów (zmniejszenie się zawartości w czasie trwania okresu wegetacyjnego). W przypadku wymiennego magnezu wielkość zmian nie była jednak duża. Magnez, jako składnik chlorofilu intensywnie pobierany w okresie wzrostu i rozwoju roślin jest zwykle szybko uzupełniony w wyniku wzmoczonego rozkładu substancji organicznej w okresie letnim (Miron 1964). Wielkość, jak i tempo uwalniania kationów z substancji organicznej (próchnicy nadkładowej) było ściśle uzależnione od biologicznej aktywności gleb, czyli całego kompleksu fizykochemicznych właściwości danej gleby (np. typu próchnicy oraz jej frakcjonowanego składu). Najmniejsze wahania zawartości wymiennego magnezu notowano w żyzniejszych glebach automorficznych (aktywniejszych biologicznie).

Statystyczną zgodność stwierdzono również pomiędzy rocznym rozkładem zjawisk higrtermicznych i wegetacją a rozkładem wymiennego potasu, chociaż z uwagi na dużą labilność oraz aktywność tego kationu, bardzo często zmiany miały charakter skokowy. Z kompleksu sorpcyjnego jony wymiennego potasu łatwo przechodzą do roztworu glebowego, a uwolnione szybko zostają pobierane przez rośliny lub wymywane poza profil, szczególnie w warunkach kwaśnego odczynu. Dlatego też trudno było jednoznacznie określić ciągłość dynamiki tak ruchliwego jonu (przy zbyt niskiej – comiesięcznej częstotliwości pomiarów). Niemniej jednak zaobserwowano wyraźny wiosenny wzrost zawartości  $K^+$  w glebach, letni okres małej zmienności wywołany między innymi unieruchamianiem potasu w przestworach międzypakietowych minerałów ilastych w warunkach przesuszenia gleby (Marshall 1964) oraz ponowny wzrost zawartości  $K^+$  w ostatnich miesiącach okresu wegetacyjnego. Jesienna, podwyższona zasobność gleb w kationy wymiennego potasu może być następstwem występowania w tym okresie czasu gwałtownego rozwoju ilościowego owocujących gatunków grzybów, których maksymalna liczba rozwoju

przypada we wrzeźniu (Nespiak, Biegus, Matuszkiewicz 1975). Podobne obserwacje zostały wykonane w Mongolii przez A. Kowalkowskiego (1980).

Wymienny sod był kationem, którego dynamika najlepiej korespondowała z roczną i wieloletnią zmiennością zjawisk higrtermicznych. Sód, jako pierwiastek, którego głównym źródłem w glebach są minerały krzemianowe i glinokrzemianowe, uwalniany był zależnie od stopnia dezintegracji substratu glebowego. W okresach suchych, w warunkach małej aktywności procesów wietrzeniowych (głównie hydrolizy) notowano obniżanie się zawartości jonów  $\text{Na}^+$ , a w czasie uwilgotnienia gleb – wzrost ich zawartości. Różnice pomiędzy okresem aridowym a humidowym w zasobności kompleksów sorpcyjnych gleb w kationy wymiennego sodu były jednak najmniejsze spośród oznaczanych kationów wymiennych. Bezpośrednią przyczyną tak wyrównanego nasycenia gleb jonami sodowymi mogło być słabe ich związanie z kompleksem sorpcyjnym i łatwe przechodzenie do roztworów glebowych. W warunkach dominacji przemywanego typu gospodarki wodnej w analizowanych glebach (wmywanie koloidów i roztworów poza profil), podobnie do warunków przesuszenia gleb, sorpcja kationów wymiennego sodu była ograniczona. Pomimo tak małej zawartości  $\text{Na}^+$  w badanych glebach, według ekologicznych kryteriów H. C. Buckman, N. C. Brady (1971), jonów tych wystarcza do prawidłowego rozwoju roślinności we wszystkich analizowanych zbiorowiskach leśnych.

Mała amplituda wahań w dynamice kationów wymiennego wapnia oraz ich zasadniczy udział w sumie kationów o charakterze zasadowym (ok. 80% w glebach automorficznych) były przyczyną małych zmian wartości sumy w okresie badań, charakteryzujących się brakiem istotnych statystycznie współzależności z przebiegiem procesów fenologicznych.

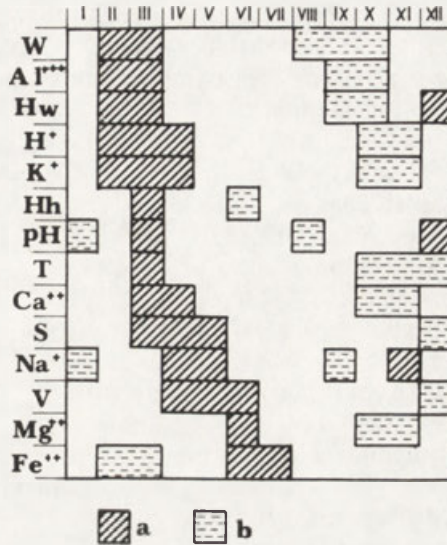
Wartości stopnia nasycenia gleb kationami o charakterze zasadowym, podobnie do wartości kationów zasadowych, ulegały w większości badanych siedlisk niewielkim zmianom w czasie.

Analiza sezonowej zmienności wszystkich badanych cech glebowych pozwoliła podjąć próbę wydzielenia przedziałów czasu, charakteryzujących się zbliżonym przebiegiem procesów pedogenicznych (ryc. 70). Na tej podstawie rok podzielono na sześć okresów różniących się swoistym rozkładem cech.

1. Okres późnojesiennie-zimowy (listopad – styczeń) – szybki wzrost wilgotności gleb szczególnie w poziomach powierzchniowych oraz lekkie ich zakwaszenie przy jednoczesnym zwiększaniu się zawartości jonów wymiennego wodoru, wymiennego magnezu i ruchomego żelaza; niewielka labilność wymiennych kationów wapnia i potasu zmniejszanie się udziału w kompleksie sorpcyjnym wymiennego sodu.

2. Okres przedwiosenny (luty – marzec) – wzrost wilgotności gleby w całym profilach, najwyższy stan retencji wody glebowej; podwyższanie się odczynu gleby (pH) przy jednoczesnym obniżeniu się zawartości wymiennego wodoru i jonów ruchomego żelaza; silny wzrost zawartości wszystkich z badanych kationów o charakterze zasadowym ( $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ) oraz kwasowości hydrolitycznej; w poziomach powierzchniowych najwyższe w roku wartości pojemności sorpcyjnej oraz stopnia nasycenia gleb kationami o charakterze zasadowym.

3. Okres wczesnowiosenny (kwiecień – maj) – zmniejszanie się wilgotności,



Ryc. 70. Maksima i minima zawartości poszczególnych cech glebowych w ciągu roku, określone na podstawie trzech lat obserwacji (XI 1980–X 1983)

a – miesiące charakteryzujące się największą zawartością danej cechy, b – miesiące charakteryzujące się najmniejszą zawartością danej cechy

Maximums and minimums contents of soil characteristics in the one year, determined on the basis of three years study (XI 1980–X 1983)

a – months with maximal contents of particular soil characteristic, b – months with minimal contents of particular soil characteristic

a zatem zapasów wody glebowej, dalsze obniżenie się zawartości jonów wymiennego wodoru i ruchomego żelaza, mniejsze zakwaszenie gleb; wzrost zawartości kationów o charakterze zasadowym z maksimum przypadającym w kwietniu; w mineralnych poziomach genetycznych najwyższe w roku wartości stopnia nasycenia gleb kationami o charakterze zasadowym i pojemności sorpcyjnej.

4. Okres późnowiosenny (maj–czerwiec) – dalsze zmniejszanie się wilgotności gleb, lekki wzrost zawartości jonów wodorowych i ruchomego żelaza, a zarazem obniżanie się wartości pH, zmniejszanie się udziału w kompleksie sorpcyjnym wszystkich z analizowanych kationów o charakterze zasadowym.

5. Okres wczesnoletni (czerwiec–lipiec) – krótkotrwały, powierzchniowy wzrost wilgotności gleby, niewielkie obniżenie się zawartości jonów wymiennego wodoru; brak istotnych zmian w odczynie; wzrost zawartości kationów wymiennego wapnia, zmniejszenie udziału wymiennego sodu i magnezu w kompleksie sorpcyjnym.

6. Okres późnoletnio-wczesnojesienny (sierpień–październik) – najsilniejsze przesuszenie gleb w całym profilu, wzrost zawartości jonów wymiennego wodoru przy jednoczesnym zakwaszeniu gleb (pod koniec okresu powolny wzrost wartości pH); spadek zawartości wszystkich wymiennych kationów o charakterze zasadowym oraz jonów ruchomego żelaza (wzrost udziału wymiennego potasu w kompleksie sorpcyjnym gleb we wrześniu).

Wyniki zmienności czasowej badanych cech pozwoliły uszeregować je według stopnia labilności w badanych glebach, od najbardziej zmiennych w czasie do bardziej „stabilnych”. Przyjmując takie uporządkowanie, kolejność badanych cech jest następująca:

- 1) odczyn (pH),
- 2) wymienny sól ( $\text{Na}^+$ ),
- 3) wymienny potas ( $\text{K}^+$ ),
- 4) wymienny magnez ( $\text{Mg}^{++}$ ),
- 5) wymienny wodór ( $\text{H}^+$ ),
- 6) wymienny wapń ( $\text{Ca}^{++}$ ),
- 7) ruchome żelazo ( $\text{Fe}^{++}$ ,  $\text{Fe}^{+++}$ ),
- 8) wilgotność ( $W$ ),
- 9) suma kationów o charakterze zasadowym ( $S$ ),
- 10) wymienny glin ( $\text{Al}^{+++}$ ),
- 11) kwasowość wymienna ( $H_w$ ),
- 12) stopień nasycenia gleb kationami zasadowymi ( $V$ ),
- 13) kwasowość hydrolityczna ( $H_h$ ),
- 14) pojemność sorpcyjna ( $T$ ).

Ze względu na nieortogonalność funkcji czasu wynikającą z różnych długości okresów pomiędzy terminami pomiarów poszczególnych cech, przedstawiony szereg jest uporządkowaniem orientacyjnym. Niemniej jednak, kolejność przyjęto na podstawie trzyletniej serii pomiarów i statystycznej analizy uzyskanych wyników. Zbliżone prawidłowości w labilności wybranych przez siebie cech w glebach Puszczy Kampinowskiej określiła E. Roo-Zielińska (1980).

Wyniki analizy sezonowej zmienności ekologicznie istotnych cech glebowych posłużyły również do pogrupowania siedlisk w zależności od stopnia wielkości wahań w zawartości poszczególnych składników. Spośród badanych biocenoz, największą liczbę labilnych cech stwierdzono w próchnicznej madzie łągu jesionowo-olszowego i brunatnej glebie gruntowo-glejowej niskiego grądu. W glebie semihydrycznej 12 cech z 14 analizowanych w ujęciu zmienności czasowej (ok. 85%) charakteryzowało się dużymi wahaniami wartości. Należały do nich: wymienny glin, kwasowość wymienna, kwasowość hydrolityczna, odczyn, wilgotność, wymienny sól, wymienny magnez, wymienny potas, wymienny wodór, ruchome żelazo, suma kationów zasadowych i pojemność kompleksu sorpcyjnego.

Najwyraźniejszą „stabilnością” cech charakteryzowała się gleba bielicoziemna w siedlisku grądu wysokiego, w którym aż około 64% ze wszystkich badanych właściwości glebowych wykazywało małą zmienność w czasie, czyli niski stopień labilności. Należały do nich: odczyn, wilgotność, kwasowość wymienna, kwasowość hydrolityczna, wymienny glin, wymienny sól, wymienny potas, suma kationów o charakterze zasadowym, stopień nasycenia gleb kationami zasadowymi.

W glebach automorficznych najbardziej zmiennymi w czasie były te właściwości, których zawartość w glebie była najwyższa, a więc – wymienny wodór. Uzyskane wyniki wskazały na pewne prawidłowości w przebiegu zmienności sezonowej analizowanych cech, w poszczególnych typach pedofitocenoz. Na dynamikę każdej z analizowanych cech, poza jej labilnością będącą



indykatorem fizykochemicznych właściwości gleb, nie miały wpływu wywierająca również zawartość danego składnika w profilach. Oznacza to, że wyższej jego zawartości towarzyszyła wyraźniejsza zmienność czasowa.

Uporządkowanie badanych siedlisk pod względem wzrastającej liczby labilnych cech glebowych ściśle nawiązuje do określonej troficzności biocenoz i tworzy następujący szereg: wysoki grąd jako siedlisko charakteryzujące się najmniejszą zasobnością gleb w składniki chemiczne oraz mniejszą labilnością, następnie typowy grąd, świetlista dąbrowa, niski grąd, łęg. Duża jednorodność wewnątrzobiektowa i istotne różnice międzyobiektove sprawiły, że przedstawiona ordynacja uporządkowania według kryterium dynamicznego znajduje pełne uzasadnienie statystyczne.

W wykonanych badaniach, uwzględniających krótki, trzyletni okres realizacji nie udało się zarówno określić w pełni oddziaływania wszystkich egzogenicznych czynników na przebieg właściwości glebowych w różnych warunkach higrotermicznych, jak i poznać całego zespołu wzajemnych relacji pomiędzy cechami, stanowiącymi o odrębności poszczególnych gleb. Niemniej jednak, specyfika fizykochemicznych właściwości gleb w obrębie określonych pod względem pedofitosocjologicznym typach siedliskowych umożliwiła także poznanie ekologicznych różnic pomiędzy analizowanymi obiektami, czyli poszczególnymi typami fitocenozy. Istnieje również możliwość ekstrapolowania uzyskanych wyników na obszary sąsiednie, charakteryzujące się analogicznymi warunkami siedliskowymi.

W niniejszej pracy niektóre z przedstawionych problemów zostały tylko zasygnalizowane. Wymagają więc dalszych badań i uzupełnień. Niemniej jednak postawiony cel pracy został osiągnięty, a uzyskane wyniki potwierdziły słuszność tezy o stosowaniu w badaniach glebowych kompleksowej analizy ekologicznej, uwzględniającej element dynamiczny. Rozwijanie i rozszerzanie tego typu badań, poza samym elementem poznawczym, może mieć duże znaczenie gospodarcze, szczególnie w diagnozie i prognozie stanu zasobności gleb, która pozwala m.in. na intensyfikację produkcji leśnej lub rolnej, uwzględniając potencjalne zasoby przyrody oraz ochronę biologiczną równowagi w środowisku.

## WNIOSKI

1. Badana toposekwencja jest poligenetyczną kateną glebowo-roślinną wykształconą w tym samym materiale geologicznym, którym są redeponowane piaski czwartorzędowe. Obejmuje ona 5 zbiorowisk roślinnych należących do trzech zespołów (*Circaeo-Alnetum*, *Tilio-Carpinetum*, *Potentillo-albae Quercetum*) i 5 typów gleb należących do 3 klas (bielicoziemne, brunatnoziemne, napływowe).

2. Czynnikiem wpływającym zasadniczo na badane środowisko pedogeniczne była morfogeneza terenu:

- w okresie glacialnym determinowała rozwój zjawisk sedymentacyjnych;
- w okresie peryglacialnym kierunkowała zjawiska hydrologiczne i destrukcyjne.

3. Substrat glebowy wszystkich analizowanych profili jest związany morfolitogenicznie z sedymentacją fluwialną, powierzchniowym przewianiem, a w przypadku gleb autogenicznych dodatkowo z destrukcją kriogeniczną (agradacją i degradacją peryglacialną).

4. Właściwości petrograficzno-litologiczne substratu glebowego (udział kwarcu, skaleni i innych minerałów w poszczególnych frakcjach, skład mechaniczny, niejednorodność granulometryczna) zależą od warunków sedymentacji (rodzaju i jakości redeponowanego materiału) oraz od wieku geologicznego, czyli długości oddziaływania czynników egzogenicznych (np. miąższość stref przekształceń kriogenicznych w profilach). Są to następujące zależności:

- na obszarach najstarszej akumulacji fluwioglacjalnej, w profilach zaznacza się pełna sekwencja stref wietrzenia mrozowego o miąższości około 150 cm, materiał litologiczny jest prawie jednorodny granulometrycznie ( $Wr < 5$ ) o różnym stopniu odporności na czynniki dezintegracji i dużym udziale drobnych frakcji w składzie mechanicznym:

- w młodszym materiale sedymentacji fluwioglacjalnej, charakteryzującym się krótszym okresem dezintegracji i przemywania, warstwa przekształceń peryglacialnych na mniejszą miąższość (występuje tylko strefa pokrywowa), zmniejsza się udział kwarcu i skaleni we frakcji lekkiej piasków, a wzrasta udział minerałów odpornych we frakcji ciężkiej, zwiększa się również niejednorodność granulometryczna;

- materiał akumulacji holocenińskiej charakteryzuje się najłagodniejszym stopniem obróbki graniformometrycznej, największą granulometryczną niejednorodnością substratu ( $Wr > 15$ ) i największym udziałem frakcji ciężkich w składzie mechanicznym, ze wszystkich analizowanych.

5. Przeciętne warunki higrotermiczne panujące w toposekwencji są korzystne do rozwoju ekosystemów lasów liściastych, na co wskazuje przebieg;

- właściwości mezoklimatu (wskaźnik higrotermiczny Sielaninowa – 1,51, wskaźnik wilgotności Iwanowa – 1,22), jakkolwiek w okresie wegetacyjnym zaznacza się cykliczność niekorzystnych dla roślinności zjawisk suszy i posuchy, które zależnie od roku wystąpiły nawet w ponad połowie okresu wegetacyjnego;

- stosunków wodnych (strona wydatku wodnego – ewapotranspiracja, odpływ – równoważona jest przez opady i kondensację pary wodnej), chociaż w warunkach posuchy w glebach o endoperkolatywnym typie krążenia, deficyt wody sięgał około 50–60%.

6. Kierunek zmian właściwości wodno-troficznych w toposekwencji nawiązuje do orografii, typologii zbiorowisk leśnych oraz rozkładu przestrzennego cech petrograficzno-litologicznych substratu i wyraża się zmniejszaniem wraz ze wzrostem wysokości względnych następujących zjawisk:

- roli wód gruntowych w gospodarce wodnej gleb – od podsiąkowego typu krążenia (periperkolatywnego) do przemywanego bez udziału wód gruntowych (endoperkolatywnego);

- dostępności wody dla roślin;

- wartości potencjału glebowego potrzebnego do rozwoju roślinności lasów liściastych;

- udziału frakcji związanej nad frakcją wolną, kwasów huminowych i humin w składzie frakcjonowanym próchnicy;

- zasobności w składniki chemiczne (ponowny wzrost w siedlisku świetlistej dąbrowy);

- odporności gleb na wpływ czynników egzogenicznych (antropogenicznych).

7. Najbardziej zbliżonymi pod względem dynamiki i rozkładu pionowego badanych cech glebowych w profilach były:

- gleba rdzawa (siedlisko wysokiego grądu) z glebą brunatną wylugowaną (siedlisko typowego grądu) – istotne podobieństwo w 57% wariantów pomiarów (cechy o podobnym przebiegu W, Na<sup>+</sup>, H<sup>+</sup>, Al<sup>+++</sup>, Hw, Hh, Fe<sup>++</sup>, cechy różnicujące Ca<sup>++</sup>, K<sup>+</sup>, Mg<sup>++</sup>, T);

- gleba brunatna bielcowana (siedlisko świetlistej dąbrowy) i gleba rdzawa (siedlisko wysokiego grądu) – istotne podobieństwo w 41,1% wariantów pomiarowych (cechy o podobnym przebiegu Ca<sup>++</sup>, Mg<sup>++</sup>, H<sup>+</sup>, Na<sup>+</sup>, cechy różnicujące W, pH, K<sup>+</sup>, Al<sup>+++</sup>, Hw, T).

Najbardziej różniły się między sobą:

- mada próchniczna (siedlisko łągu jesionowo-olszowego) i gleby autogeniczne (siedliska grądów i świetlistej dąbrowy), istotne podobieństwo w 1–2% wariantów pomiarowych.

8. Cechą o najwyższym walorze ekologicznej taksonomii była wilgotność i pochodne od niej ekstensywne charakterystyki zapasów wody glebowej. W latach 1980–1983, przebieg zjawisk wodnych różnicował badaną katę na cztery istotnie statystycznie, różne homogeniczne grupy siedlisk: łągu jesionowo-olszowego, niskiego grądu, typowego i wysokiego grądu, świetlistej dąbrowy. Mniejszym walorem ekologicznego różnicowania toposekwencji (na trzy grupy siedlisk) charakteryzowały się cechy: Ca<sup>++</sup>, Na<sup>+</sup>, Mg<sup>++</sup>, S, V.

Najmniejszy walor taksonomiczny miał wymienny potas ( $K^+$ ), nie różnicując toposekwencji na homogeniczne grupy ekosystemów.

9. Zróżnicowanie pomiędzy siedliskami nasilało się wraz z głębokością. W poziomie skał macierzystych 14 spośród 15 analizowanych cech ( $W$ ,  $Z$ ,  $pH$ ,  $H^+$ ,  $Al^{+++}$ ,  $Hw$ ,  $Ca^{++}$ ,  $Mg^{++}$ ,  $Na^+$ ,  $Hh$ ,  $S$ ,  $T$ ,  $V$ ,  $Fe^{++}$ ) różnicowało badaną katenę na 4 lub 5 grup siedlisk.

10. W całej toposekwencji wszystkie spośród analizowanych właściwości glebowych cechowała statystycznie istotna zmienność w czasie. Dynamika trzynastu z nich ( $W$ ,  $Z$ ,  $pH$ ,  $H^+$ ,  $Al^{+++}$ ,  $Ca^{++}$ ,  $Mg^{++}$ ,  $Na^+$ ,  $Hh$ ,  $T$ ,  $V$ ,  $Fe^{++}$ ) wykazywała powtarzalną w każdym roku rytmikę zmian sezonowych, a w przypadku dwu pozostałych ( $Hw$ ,  $S$ ) miała charakter nieregularnych wahań.

11. Kierunek zmian cech w ciągu roku nawiązywał do sezonowej dynamiki właściwości klimatycznych. Najsilniejszy, bezpośredni, statystycznie istotny związek pomiędzy rozkładem warunków higrotermicznych, a przebiegiem zjawisk glebowych stwierdzono w przypadku gospodarki wodnej gleb (wilgotność, zapasy wody glebowej). Pośredni wpływ warunków higrotermicznych na kształtowanie się innych zjawisk glebowych odbywał się poprzez wilgotność, która była cechą determinującą rytmikę zmian innych charakterystyk glebowych (najsilniej rozkład:  $pH$ ,  $Fe^{++}$ ,  $Na^+$ ).

12. Sezonowa rytmika zmian cech glebowych w ciągu roku pozwoliła podzielić go na sześć okresów, różniących się swoistym rozkładem właściwości glebowych: późnojesiennie-zimowy (listopad – styczeń), przedwiosenny (luty – marzec), wczesnowiosenny (kwiecień – maj), późnowiosenny (maj, czerwiec), letni (czerwiec – lipiec), późnoletnio-wczesnojesienny (sierpień – październik).

13. Najsilniejsze, statystycznie istotne wzajemne relacje pomiędzy rozkładem wartości cech w czasie trzech lat badań, wystąpiły w przypadku właściwości sorpcyjnych ( $Hh$ - $T$ - $S$ - $V$  i  $Ca^{++}$ - $Mg^{++}$ ) oraz oddziaływaniu pewnych właściwości na charakterystyki glebowe (np.  $Hh$  na  $T$ ,  $Al^{+++}$  na  $Hw$ ,  $Ca^{++}$  i  $Mg^{++}$  na  $S$ ,  $Ca^{++}$  i  $Mg^{++}$  na  $V$ ).

14. Amplituda wahań wartości cech w glebie wprost proporcjonalnie korespondowała z ich ogólną zasobnością w danej glebie, co oznacza, że najsilniejszą dynamiką cech charakteryzowały się gleby najżyźniejsze (np. próchniczna mada, gleby brunatnoziemne).

15. Do najbardziej labilnych cech glebowych należały: odczyn ( $pH$ ), wymienny sól ( $Na^+$ ), wymienny potas ( $K^+$ ), wymienny magnez ( $Mg^{++}$ ), wymienny wodór ( $H^+$ ), wymienny wapń ( $Ca^{++}$ ). Do charakteryzujących się największą stabilnością zaliczono: pojemność sorpcyjną ( $T$ ), kwasowość hydrolityczną ( $Hh$ ), stopień nasycenia gleb kationami zasadowymi ( $V$ ), kwasowość wymienną ( $Hw$ ).

## LITERATURA

- Adamczyk B., 1965, *Studia nad kształtowaniem się związków pomiędzy podłożem skalnym a glebą*, Acta Agraria et Silvestra, Ser. Leśna, 5, 3–60.
- Alifanow W. M., 1977, *Fizikochimiczeskije swojstwa kriogennyh poczw, Kriogennyje poczwy i ich racjonalnoje ispolzowanije*, Moskwa.
- Alifanow W. M., Karżencew A. S., Makeew O. W., 1977, *Morfologija kriogennyh poczw, Kriogennyje poczwy i ich racjonalnoje ispolzowanije*, Moskwa.
- Allaway W. H., 1945, *Availability of replaceable calcium from different types of colloids as affected by degree of calcium saturation*, Soil Sci. Soc. Am. Proc., 4, 207–217.
- Armson K. A., 1977, *Forest soils, properties and processes*, Univ. Toronto Press, Toronto, Buffalo, London, 390.
- Bac S., 1953, *Bilans wodny piasków i żwirów*, Wiad. Służ. Hydrol. Met., 4, (2–3), 81–130.
- 1961, *Uwagi o wpływie suszy na las w latach 1958–1960*, Sylwan, 57 (2), 1–10.
- Bac S., Marcilonek S., 1955, *Przebieg procesów kondensacji pary wodnej w piaskach*, Przegl. Met. Hydrol., 8 (2), 107–135.
- Bajpai P., Rao W., 1971, *Phosphate solubilising bacteria. Part I. Solubilisation of phosphate in liquid culture by selected bacterie as affected by different pH values*, Soil Sci. Pl. Nat., 17, 41–43.
- Balińska-Wuttke K., 1960, *Gętomorfologia obszaru między Skierniewicami a Rawą Mazowiecką*, Prace Geogr., 24.
- 1965, *Stratygrafia czwartorzędu okolic Rawy Mazowieckiej i Skierniewic, Z badań czwartorzędu w Polsce*, Biul. Inst. Geol., 187, 11.
- Baraniecka M. D., 1975, *Zależności wykształcenia osadów czwartorzędowych od struktur i dynamiki podłoża w środkowej części Niżu Polskiego, Z badań czwartorzędu w Polsce*, Biul. Inst. Geol., 228.
- Bednarek R., 1970, *Dynamika stosunków wodnych w glebach piaskowych rezerwatu Las Piwnicki pod Toruniem*, Zesz. Nauk. Uniw. Mikołaja Kopernika Toruń, Nauki Mat.-Przyr. 24, Geogr. 7, 41–64.
- Bednarek R., Prusinkiewicz Z., 1980, *Geografia gleb*, PWN, Warszawa.
- Białkiewicz F., Babiński S., 1981, *Znaczenie lasu w kształtowaniu retencji wodnej gleb i odpływie wód opadowych*, Sylwan, 77 (1), 1–9.
- Białousz S., 1978, *Wpływ morfogenezy Pojezierza Mazurskiego na kształtowanie się gleb*, Roczn. Nauk Roln., Ser. D, Monografie, 166, 87–154.
- Bielecki M., 1968, *Limnigraficzna metoda badań dynamiki wód glebowo-gruntowych*, Zesz. Nauk. Wyższy. Szk. Roln. Kraków, Rozprawy, 10.
- Birecki M., Trzecki S., 1964, *Water retention ability and moisture tension (pF) occuring at field water capacity in artificial homogeneous profiles of several Polish soils*, Roczn. Gleb., dod. 14, 23–32.
- Borowiec S., 1958, *Zależności gleb wytworzonych z piasków luźnych oraz bonitacji i runa, od głębokości wody gruntowej*, Sylwan, 54 (2), 27–36.
- 1960, *Niektóre właściwości fizyczne gleb leśnych ze szczególnym uwzględnieniem pojemności wodnej*, Sylwan, 56 (3), 8–22.
- 1961, *Związki między właściwościami gleb a typami siedliskowymi i florystycznymi południowej części Puszczy Goleniowskiej*, Zesz. Nauk. Wyższy. Szk. Roln. Szczecin, 5, 129–165.
- 1973, *Związki między glebami i zespólami roślinnymi w Wielkopolskim Parku Narodowym*, skiego Tow. Nauk., Wydz. Nauk Przyr.-Roln., 31 (3), 3–59.
- 1973, *Związki między glebami i zespólami roślinnymi w Wielkopolskim Parku Narodowym*, Zesz. Szczecińskiego Tow. Nauk., Wydz. Nauk Przyr.-Roln., 38 (1), 1–52.

- Borowiec S., Wybierańska A., 1974, *Badania porównawcze gleb leśnych i uprawnych różnych siedlisk Niziny Szczecińskiej*, Zesz. Szczecińskiego Tow. Nauk., Wyd. Nauk. Przyr.-Roln., 40 (1), 3–89.
- Braun-Blanquet I., 1964, *Pflanzensoziologie*, Springer Verl., Wien, New York.
- Brogowski Z., Czerwiński Z., 1971, *Materiały do ćwiczeń z gleboznawstwa*, cz. II, *Ćwiczenia laboratoryjne*, Wyd. Szk. Gł. Gosp. Wiejsk., Warszawa.
- Brogowski Z., Kowalkowski A., 1981, *Cechy środowiska kriogenicznego w glebach kontynentalnych tundry i suchego stępu południowego sklonu Changaju obserwowane w mikroskopie elektronowym*, (m-pis w Szk. Gł. Gosp. Wiejsk. Akad. Roln., Warszawa).
- Brogowski Z., Kocoń J., 1984, *Morfologia powierzchni ziaren piasku w różnych poziomach genetycznych gleby brunatnej wytworzonej z gliny ciężkiej*, Roczniki Glebozn., 35 (1), 115–124.
- Bruckert S., Metche M., 1972, *Dynamique du fer et de l'aluminium en milieu podzolique: Caractérisation des complexes organo-metalliques des horizons spodiques*, Bull. de L'E.N.S.A. de Nancy 14 (2), 263–275.
- Buckman H., Brady N.C., 1971, *Gleba i jej właściwości*, PWRiL, Warszawa.
- Celmer T., 1960, *Types of ground water appearing in the areas of the post-glacial lowland in Poland*, Intern. Assoc. Sc. Hydrol. Publ. 52, Gentbrugge.
- Chomicz K., 1977, *Materiały do poznania agroklimatu Polski*, PWN, Warszawa.
- Ciszewski R., 1970, *Wybrane zagadnienia z fizyki w glebie*, Wyd. Politech. Warsz., Warszawa.
- Crieve I. C., 1977, *Some relationships between vegetation patterns and soil variability in the Forest of Dean U.K.*, J. Biogeogr., 4, 193–199.
- Czerwiński Z., 1965, *Gleby bielcowane leśne i uprawne wytworzone z piasków różnego pochodzenia geologicznego*, (m-pis w Inst. Glebozn. Szk. Gł. Gosp. Wiejsk. Akad. Roln., Warszawa).
- Czerwiński A., 1981, *Ukształtowanie naturalnej roślinności leśnej na tle rozwoju procesu glebowego w wybranych obiektach północno-wschodniej Polski*, Zesz. Nauk. Politech. Białostockiej, Ochrona Środ., 34.
- Czuba R., Zaniuk A., 1968, *Badania nad rozmieszczeniem przyswajalnych składników w profilach glebowych*, Roczniki Glebozn., 19 (2), 249–266.
- Degórski M., 1979, *Charakterystyka wodnych właściwości gleb na siedlisku boru suchego (chrobotkowego) w północnej części sandru Brdy*, (m-pis w Zakł. Glebozn. Univ. Mikołaja Kopernika, Toruń).
- 1985, *Connection between geomorphology and vegetation in glacial valley on the example of Pisia Valley in Central Poland*, Coll. phytosoc., 13, Vegetation et Geomorph., Bailleul, 447–460.
  - 1987, *Influence of sulphate sulphur on forest soils and vegetation conditions*, Wiss. Beitr. Halles 46 (3), 70–87.
- Dijkshorn W., Lampe J., Van Burg P., 1960, *A method of diagnosing the sulphur nutrition status of herbage*, Plant and Soil, 13, 227–238.
- Dobrzański B., 1949, *Dynamika gleb piaszczystych*, Annus Univ. Mariae Curie Skłodowska, 4, Ser. B., 1–55, Lublin.
- Dobrzański B., Uziak S., 1972, *Rozpoznawanie i analiza gleb*, PWN, Warszawa.
- Duchaufour P., 1964, *Evolution de l'aluminium et du fer complexes par la matière organique dans certains sols*, Scien. du Sol. Nancy.
- Duchaufour P., Souchier B., 1965, *Note sur un problème de la classification podzolisation chimique et différenciation du profil*, Pédologie, 15 (2), 1–15, Nancy.
- Duchaufour P., Jacquin F., 1966, *Nouvelles recherches sur l'extraction et le fractionnement des composés humiques*, Extrait Bull. l'Ecol. S.A. de Nancy, 8 (1), 24.
- Dudal R., 1987, *Rola pedologii wobec wzrastających wymagań w stosunku do gleb*, Roczniki Glebozn. 38 (3), 153–168.
- Dylík J., 1947, *Indywidualność geograficzna okolic Łodzi*, Czas. Geogr. 18, 238–247.
- 1953, *O peryglacjalnym charakterze rzeźby środkowej Polski*, Acta Geogr. Univ. Lodz, 2, 107.
- Dzięciołowski W., Tobolski K., 1982, *Czwartorzędowe cykle klimatyczno-ekologiczne a ewolucja gleb*, Roczniki Glebozn., 33 (1–2), 201–211.
- Elandt R., 1964, *Statystyka matematyczna w zastosowaniu do doświadczałnictwa rolniczego*, PWN, Warszawa.
- Ehrendorfer F., 1973, *Liste der Gefäßpflanzen*, Gustav Fischer Verl., Stuttgart.

- Folk R.L. Ward W.C. 1957, *Brazos River bar a study in the significance of grain size parameters*, J. Sedim. Petrol., 27 (1), 124–136.
- Friedman G.M., 1962, *On sorting, sorting coefficients and the lognormality of the grain size distribution of sandstones*, J. Geol., 70 (5), 26–42.
- Gams H., 1957, *Die Moos- und Farnpflanzen*, Gustav Fischer Verl., Stuttgart.
- Giedroń B., 1961, *Dynamika wodna w glebach lekkich i piaszczystych*, Zesz. Nauk. Wyższ. Szk. Roln., Wrocław, 13 (38), 109–128.
- Greenland D.J., Hayes M.H., 1981, *The chemistry of soil processes*, John Wiley and Sons, Chichester, New York, Brisbane, Toronto.
- Gregorzczuk M., 1968, *Regiony bioklimatyczne Polski*, Czas. Geogr., 39 (2), 125–135.
- Gregory S., 1976, *Metody statystyczne w geografii*, PWN, Warszawa.
- Grzegorzczuk M., 1970, *Metody przedstawiania uziarnienia osadów*, Prace Geogr. Geol. Poznań. Tow. Przyj. Nauk. 10 (2), 18–62.
- Grzybowski K., 1970, *Uwagi o środowisku sedymentacji niektórych osadów kemowych*, Acta Geol. Pol. 20 (4), 657–689.
- Jacobson L., Overstreet R., Handley R., 1950, *A study of potassium absorption by plant roots*, Plant Physiol., 25, 639–647.
- Kamprath E.J., Nelson W.D., Pitts J.W., 1956, *The effect of pH, sulfate and phosphate concentrations on the adsorption of sulfate by soils*, Soil Sci. Soc. Am. Proc., 20, 463–489.
- Kasprzyk S., 1977, *Turystyczne zagospodarowanie lasu*, PWRiL, Warszawa.
- Kępką M., 1968, *Wapń, potas i magnez w glebach Niziny Mazowieckiej wytworzonych z piasków różnego pochodzenia geologicznego*, Roczniki Glebozn., 19 (2), 128–148.
- Klajnert Z., 1978, *Zanik lodowca warciańskiego na Wysoczyźnie Skierniewickiej i jej północnym przedpolu*, Acta Geogr. Univ. Lodz., 38, 1–149.
- Klatkova H., 1972, *Paleogeografia Wyżyny Łódzkiej i obszarów sąsiednich podczas zlodowacenia warciańskiego*, Acta Geogr. Univ. Lodz., 28, 1–220.
- Kondracki J., 1978, *Geografia fizyczna Polski*, PWN, Warszawa.
- Konecka-Betley K., 1968, *Zagadnienia żelaza w procesie glebotwórczym*, Roczniki Glebozn., 19 (1), 51–87.
- Konecka-Betley K., Król H., 1967, *Niektóre cechy tworzenia się słabo wykształconych gleb powstałych z piasków*, Pam. Państ. Inst. Nauk. Gospod. Wiejski. (w Puławach), 27, 370–411.
- Kononowa N., 1968, *Substancje organiczne gleby, ich budowa, właściwości, i metody badań*, PWRiL, Warszawa.
- Kopp D., 1965, *Die priglaziäre Deckzone (Geschiebedecksand) im nordostdeutschen Tiefland und ihre bodenkundliche Bedeutung*, Ber. Geol. Ges. DDR., 10 (6), 739–771.
- 1969, *Die Waldstandorte des Tieflandes, Ergebnisse der Forstlichen Standortserkundung in der DDR*, Potsdam.
- Koter H., Grzesiuk W., Chodań J., 1963, *Zawartość siarki w niektórych glebach województwa olsztyńskiego*, Zesz. Nauk. Wyższ. Szk. Roln., Olsztyn, 16, 275–292.
- Kowalkowski A., 1961, *Warunki wodne i niektóre chemiczne właściwości gleb w lasach dębowych okolic Wągrowca*, Prace Poznań. Tow. Przyj. Nauk Roln. i Kom. Nauk Leśn., 10 (1–2).
- 1973a, *Instrukcja laboratoryjna dla pracowni gleboznawczo-nawożeniowych*, Wyd. IBL, Warszawa-Sękocin.
- 1973, *Geneza i podstawy klasyfikacji gleb wytworzonych z utworów peryglacyjnych*, Przewod. Zjazdu Nauk., Geneza gleb wykształconych z utworów przekształconych peryglacjalnie, Warszawa.
- 1976a, *Rola zaburzeń peryglacyjnych w kształtowaniu fizyko-chemicznych właściwości gleb bielicoziemnych z piasków*, Prace Kom. Nauk. Pol. Tow. Glebozn. V, 31, 153–162.
- 1976b, *Gleba*, [w:] *Roślinność rezerwatu „Dębina” pod Wągrowcem w Wielkopolsce*, Badan. Fizjogr. Pol. Zachod., 29, Ser. B, 17–31.
- 1977, *Wpływ różnej głębokości wód gruntowych na wilgotność i zasobność gleb rdzawych bielicozanych pod drzewostanami sosnowymi*, Roczniki Glebozn., (3–4), 127–135.
- 1979, *Badania nad modelem dynamiki procesów glebowych w ekosystemach*, Prace Kom. Nauk. Pol. Tow. Glebozn., 2, 13, 5–225.
- 1980, *Present-day soil processes*, [w:] Starkel L., Kowalkowski A. (red.), *Environment of the Sant Valley (southern Khangai Mountains)*, Geogr. Stud., 137, 56–63.
- (w druku), *Ewolucja gleb w holocenie*, [w:] Starkel L. (red.), *Wielka Geografia Polski*, Tom I.

- Kowalkowski A., Borzyszkowski J., Porębska G., 1981, *Geoekologiczne podstawy rozpoznawania, klasyfikacji i kartografii gleb rdzawych*, Wyd. IBL, 1–76, Warszawa-Sękocin.
- Kowalkowski A., Brogowski Z., Kocoń J., 1986, *Properties of cryogenic horizons in the profile of rusty soil*, Quatern. Stud. in Poland, 7, 25–37.
- Kowalkowski A., Nowak G., 1968a, *Gleby bielcowe Wzgórz Ostrzeszowskich wytworzone z piasków akumulacji peryglacjalnej*, Cz. I, *Warunki środowiska glebotwórczego*, Roczniki Glebozn., 19 (1), 27–49.
- 1968, *Gleby bielcowe Wzgórz Ostrzeszowskich wytworzone z piasków akumulacji peryglacjalnej*, Cz. II, *Właściwości gleb bielcowych*, Roczniki Glebozn., 19 (2), 5–27.
- Kozarski S., Rotnicki K., 1978, *Problemy późnowiurskiego i holocenijskiego rozwoju den dolinnych na Niżu Polskim*, Prace Poznań. Tow. Przyj. Nauk, Kom. Geogr.-Geol., 19, 1–57.
- Królowa H., 1963, *Stosunki wodno-powietrzne gleb środkowej dzielnicy klimatycznej Polski*, Roczniki Glebozn., 13 (1), 111–137.
- 1966, *Właściwości wodne gleb wytworzonych z piasków zlodowacenia środkowopolskiego*, Pam. Panst. Inst. Nauk. Gosp. Wiejsk. (w Puławach), 21, 287–364.
- Krupiński K.M., 1978, *Historia, dynamika rozwoju i zaniku zbiornika interglacjalnego Żyrardowa*, Biul. Inst. Geol., 390, Z badań czwart. w Polsce 19, 153–178.
- Krygowska K., Krygowski B., 1968, *The dynamics of sedimentary environments in the light of histogram types of grain abrasion*, Geogr. Polon., 14, 87–93.
- Krygowski B., 1964, *Granjformametrija mechaniczna*, Prace Poznań. Tow. Przyj. Nauk, Kom. Geogr.-Geol., 2 (4), 112.
- Kuźniar K., 1935, *Wpływ mechanicznego składu gleby, poziomu wody wglębnej oraz zawartości próchnicy na wzrost drzewostanów sosnowych w Puszczy Sandomierskiej*, Sylwan 31, 141–179.
- 1960, *Kształtowanie się zapasów wody w glebie pod wpływem niektórych elementów meteorologicznych*, Roczn. Nauk Roln., Ser. A, 83 (1), 1–10.
- Kuźnicki F., 1956, *Właściwości darniowo-bielcowych gleb piaskowych wytworzonych z piasków różnego pochodzenia geologicznego*, cz. I, Roczniki Glebozn., 4, 6–76.
- 1957, *Właściwości darniowo-bielcowych gleb piaskowych wytworzonych z piasków różnego pochodzenia geologicznego*, cz. II, Roczniki Glebozn., 5, 101–129.
- Kuźnicki F., Skłodowski P., 1968, *Przemiany substancji organicznej w niektórych typach gleb Polski*, Roczniki Glebozn., 19 (1), 3–25.
- 1974, *Content of various form of humus compounds in podsolised rusty soils and podsol, developed from fluvioglacial sands*, Roczniki Glebozn., 35, dod., 185–196.
- Kuźnicki F. i inni, 1978a, *Kryteria typologiczne gleb wytworzonych z piasków sandrowych i zwałowych wyżej położonej części Równiny Kurpiowskiej*, Roczn. Nauk Roln., Ser. D, 166, 17–55.
- 1978b, *Typologia gleb wytworzonych z piasków Puszczy Białej w nawiązaniu do geomorfologii terenu*, Roczn. Nauk Roln., Ser. D, 166, 57–86.
- Lityński T., 1971, *Żywność gleby i nawożenie*, Cz. I: *Żywność gleby*, PWN, Warszawa-Kraków.
- Marshall E.C., 1964, *Physical chemistry and mineralogy of soils*, Soil materials, 1, John Wiley and Sons, New York, London, Sydney.
- 1977, *Physical chemistry and mineralogy of soils*, Soils in place, 2, John Wiley and Sons, New York, London, Sydney.
- Matuszkiewicz W., 1974, *Próba systematyzacji warunków środowiska glebowego w zbiorowiskach leśnych*, Phytocen., 3 (1–2), 112–169.
- 1981, *Przewodnik do oznaczania zbiorowisk roślinnych Polski*, PWN, Warszawa.
- Mąkosa K., 1977, *Stopnie występowania wody gruntowej w glebach leśnych na terenach niżowych*, Sylwan, 73 (8), 1–12.
- Mc Cammon R.B., 1962, *Efficiencies of percentile measures for describing the mean size and sorting sedimentary particles*, J. Geol., 70.
- Mechtich A., Colwell N.T., 1947, *Influence of nature of soil colloids and degree of base saturation on growth and nutrient uptake by cotton and soybeans*, Proc. Soil Sci. Soc. Am., 8, 179–184.
- Michalska Z., 1969, *Zagadnienia genezy ozów na tle wybranych przykładów z terenu Polski Środkowej* (m-pis Bibl. Wydz. Geogr. i Studiów Regional. Uniwer. Warszawski).
- Miecznicki M., 1972, *Rozkład wód gruntowych w okolicach Żyrardowa*, (m-pis Inst. Hydrogeo. i Geo. Inż. Uniwer. Warszawski).



- Miron W., 1964, *Badania nad dynamiką składników pokarmowych w glebie*, Roczn. Nauk Roln., 89, Ser. A, 3–97.
- Mizeria W., 1947, *Z geologii okolic Żyrardowa i Blonia*, Biul. Państw. Inst. Geol., 39.
- Mojski J.E., 1969, *Stratygrafia zlodowacenia północnopolskiego na obszarze Niżu Polskiego i Wyżyn Środkowopolskich*, Z badań czwartorzędu 12., Biul. Inst. Geol., 220, 115–170.
- Molga M., 1980, *Meteorologia rolnicza*, PWRiL, Warszawa.
- Monnier G., Ture L., Joanson-Luusinaug C., 1962, *Une méthode de fractionnement densimétrique par centrifugation des matières organiques du sol*, Anns Agron. 13 (1), 55–63.
- Munsell I., 1971, *Munsell soil color charts*, Baltimore Munsell Color Division.
- Musierowicz A., 1954, *Gleby bielcowe piaszkowe województwa warszawskiego*, Roczn. Nauk Roln., Ser. A, 70 (1), 3–238.
- Musierowicz A., Królowa H., 1962, *Współzależność między polową pojemnością wodną i kapilarną gleb*, Roczniki Glebozn., 12, 161–177.
- Nespiak A., Biegus J., Matuszkiewicz W., 1975, *Próba ilościowego oznaczania retencji masy organicznej w strzępkach grzybni w glebach zbiorowisk leśnych (na przykładzie rezerwatu Grabowy w Puszczy Kampinoskiej)*, Wiad. Ekolog., 21 (1), 20–26.
- Nowaczyk B., 1976, *Geneza i rozwój wydym śródlądowych w zachodniej części pradoliny warszawsko-berlińskiej, w świetle badań struktury uziarnienia i stratygrafii budujących je osadów*, Prace Poznań. Tow. Przyj. Nauk, Kom. Geogr.-Gol., 16, 1–108.
- Oktaba W., 1966, *Elementy statystyki matematycznej i metodyka doświadczalnictwa*, PWN, Warszawa.
- Overstreet R., Jacobson L., Handley R., 1952, *The effect of calcium on the absorption of potassium by plant roots*, Pl. Physiol., 27, 583–590.
- Pallmann H., 1948, *Bodenkunde und Pflanzensoziologie*. Kultur- und Staatswissenschaftl. Schriften der ETH, Zürich.
- Pawłowski Z., 1981, *Statystyka matematyczna*, PWN, Warszawa.
- Pazdro Z., 1977, *Hydrogeologia ogólna*, Wyd. Geol., Warszawa.
- Pazzew F., von der, 1965, *Wetterabhängigkeit der Bodenfruchtbarkeit*, Z. Pfl. Ernähr. Düng., 108 (2), 129–137.
- Polakowska M., 1972, *Zależność występowania roślin od odczynu gleby*, Sylwan, 68 (1), 13–21.
- Prusinkiewicz Z., 1961, *Niektóre wyniki badań nad próchnicą gleb leśnych*, Roczniki Glebozn., 10 (2), 666–669.
- 1970, *Gleba jako zasadniczy składnik siedliska leśnego*, Sylwan, 66 (8–9), 26–30.
  - 1975, *Gleba*, [w:] *Ekologiczne podstawy siedliskoznawstwa leśnego*, 246–397, PWRiL, Warszawa.
  - 1985, *Teoretyczne i dyskusyjne problemy naukowej systematyki gleb*, Roczniki Glebozn., 36 (4), 89–112.
- Prusinkiewicz Z., Biały K., 1976, *Gleby wybranych rezerwatów leśnych województw bydgoskiego, toruńskiego i wrocławskiego*, Studia Soc. Sc. Toruń, Sectio C, 8 (3), 3–173.
- Prusinkiewicz Z. i inni (1982), *The water regime of sandy soils in dry pine forest (Cladonia-Pinetum) in the northern part of the glacial outwash plains of the Brda and Wda rivers*, Ekol. Pol., 29 (12), 283–309.
- Puchalski T., Prusinkiewicz Z., 1975, *Ekologiczne podstawy siedliskoznawstwa leśnego*, PWRiL, Warszawa.
- Richards B. N., 1979, *Wstęp do ekologii gleby*, PWN, Warszawa.
- Rode A., 1956, *Woda w glebie*, PWRiL, Warszawa.
- 1978, *Woprosy wodnego reżimu poczw, Gidromieteoizdat, Leningrad*.
- Roo-Zielińska E., 1980, *Dynamika wybranych czynników glebowych w różnych zbiorowiskach leśnych uroczyska „Grabowy” w Puszczy Kampinoskiej*. (m-pis w Inst. Botaniki Uniw. Warszawskiego).
- Rotnicki K., 1966, *Rzeźba Wzgórz Ostrzeszowskich jako rezultat rozwoju stoku podczas Würmu*, Prace Poznań. Tow. Przyj. Nauk, Kom. Geogr.-Geol., 5 (2), 259.
- 1970, *Główne problemy wydym śródlądowych w Polsce w świetle badań wydmy w Węglewicach*, Prace Poznań. Tow. Przyj. Nauk, Kom. Geogr.-Geol., 11 (2), 146.
- Różycki S.Z., 1969, *Zarys geologii i geomorfologii Mazowsza w nawiązaniu do działalności człowieka*, Czasop. Geogr., 40 (2), 189–223.
- 1972a, *Nizina Mazowiecka*, [w:] Galon R. (red.), *Geomorfologia Polski*, t. 2, PWN, Warszawa.

- 1972b. *Plejstocen Polski Środkowej na tle przeszłości w górnym trzeciorzędzie*, PWN, Warszawa.
- Ruszczyńska-Szenajch E., 1966, *Stratygrafia plejstocenu i paleogeomorfologia w rejonie dolnej Pilicy*. *Studia Geol. Pol.*, 22, 87.
- Rühle E., 1965, *Czwartorzęd Polski*, [w:] *Zarys Geologii Polski*, (praca zbiorowa), Wyd. Geol., Warszawa.
- Sanik J., Perhins A., Schrenk W., 1952, *The effect of the calcium—magnesium ratio on the solubility and availability of plant nutrients*. *Proc. Soil Sci. Soc. Am.*, 16, 263—267.
- Scheffer F., Schachtschabel P., 1965, *Lehrbuch der Agrikulturchemie und Bodenkunde*, 1 Teil, Enke-Verlag, Stuttgart.
- Skiba P., 1970, *Ogólna charakterystyka warunków hydrologicznych Mszczonowa i Żyrardowa* (m-pis Inst. Hydrogeol. i Geol. Inż. Uniw. Warszawski).
- Spur S., Barnes B., 1980, *Forest ecology*, J. Wiley and Sons, New York, Chichester, Toronto.
- Stalmirska R., 1968, *Instrukcja graficznego przedstawienia wyników pomiarów sezonowej zmienności wilgotności gleb*, 5, Pol. Tow. Glebozn. Kom. Fizyki Gleby, Warszawa.
- Starkel L., 1983, *The reflection of hydrologic changes in the fluvial environment of the temperate zone during the last 15000 years*, [w:] Gregory J. (red.), *Background to paleohydrology*, J. Wiley and Sons, 213—235, New York, Chichester, Toronto.
- Systematyka Gleb Polski*, 1974, *Roczniki Glebozn.*, 25 (1).
- Świerczyński K., 1952, *Geomorfologia i czwartorzęd okolic Żyrardowa*, (m-pis, Wyd. Geogr. i Studiów Regional., Uniw. Warszawski).
- Trzecki S., 1968, *Wpływ dodatku materiałów ilastych lub organicznych do utworów piaszczystych na zdolności zatrzymywania wody*, *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 776, 109—118.
- Ugla H., 1969, *Próchniczno-glejowe gleby bielcowe terenów sandrowych*, *Zesz. Nauk. Wyższ. Szk. Roln.*, Olsztyn, 707, 25.
- Ugla Z., 1968, *Studium nad glebami zespołów roślinnych w borach sosnowych Pojezierza Olsztyńskiego*, *Zesz. Nauk. Akad. Roln. Techn. Ser. Geol. i Urząd. Roln.*, 9, Olsztyn.
- Ugla H., Ugla Z., 1979, *Gleboznawstwo leśne*, PWRiL, Warszawa.
- Ulrich B., 1984, *Waldsterben durch saure Niederschläge*, *Umschau* 11, 348—355.
- Ulrich B., Matzner E., 1983, *Raten der ökosystem-internen  $H^+$  — Produktion und der sauren Deposition und ihre Wirkung und Stabilität*, *Elast. von Waldöko.*, VD1., Ber. 500, 289—300.
- Ulrich B., Meiwes K., König N., Khanna K., 1984, *Untersuchungsverfahren und Kriterien zur Bewertung der Versauerung und ihrer Folgen in Waldböden*, *Forst und Holz*, 39 (11), 278—286.
- Walter H., Lieth H., 1960, *Klimadiagramm*, *Weltatlas*, VEB Gustav Fischer Ver., Jena.
- Wasiak G., 1979 *Północno-zachodnie przedpole Wyżyny Łódzkiej podczas zaniku lądolodu Warty*, *Acta Geogr. Lodz.*, 41, 82.
- Wicik B., 1972, *Pasowość zjawisk hipergenicznych na obszarze Wysoczyzny Rawskiej i Równiny Błońskiej*, *Prace i Studia Inst. Geogr. Uniw. Warszawskiego*, 10, 161—164.
- Williams C., Steinbergs A., 1964, *The evolution of plant available sulphur in soils*, *Pl. Soil*, 21, 50.
- Wiszniewski N., Chelchowski W., 1975, *Charakterystyka klimatu i regionalizacja klimatyczna Polski*. *Inst. Met. i Gosp. Wodn.*, 36, Warszawa.
- Witlicz W., Fiedler J., Krauss H.H., 1960, *Möglichkeiten der Produktionssteigerung in der Forstwirtschaft durch Düngung und die sich daraus ergebenden Forschungsprobleme*, *Sitzungsberichte* 9 (6), 3—22.
- Wittig E.D., Page A.L., 1961, *Iron adsorption by montmorillonite systems*, *Proc. Soil Sci. Soc. Am.*, 25, 4—6.
- Zarzycki K., 1984, *Ekologiczne liczby wskaźnikowe roślin naczyniowych Polski* (m-pis Inst. Bot. PAN, Kraków).

HABITAT CONDITIONS IN THE FOREST ECOSYSTEMS CATENA  
SITUATED ON THE RAWA PLATEAU  
(WITH PARTICULAR REGARD TO DYNAMICS OF HYDRO-TROPHIC  
PROPERTIES)

Summary

The dissertation is an attempt at a complex analysis of biotic and abiotic habitat elements, carried out in ecological aspect of differentiation of environment, with regard to dynamics of soil conditions which occurred in profiles. The elementary investigative units were biotopes characterized by determined five plant communities belonging to three associations (*Circaeo-Alnetum*, *Tilio-Carpinetum*, *Potentillo-albae Quercetum*) and five soil types belonging to three classes (aluvial soils, brown earths, podsollic earths).

So the object of the dissertation was the analysis of selected habitats features with particular regard to dynamics of water-trophic properties of light forest soils, it comprises, among others such problems and tasks as:

- the definition of pedogenic factors which determine the differentiation of the soil cover and thus influence the spatial and structural organization of the landscape,
- the determination of the seasonal, annual and many-years' course of selected physico-chemical properties of soils,
- the comparison of changes of the analysed soil features with the dynamics of exogenic factors in the habitat (e.g. hygrothermal conditions),
- the classification of soil features according to the criterion of the degree of their changeability in course of time,
- the definition of those soil features which emphasize the ecologic individuality of the particular taxonomic units (biotopes).

A point of departure for pedologic research was to assemble existing archival data and to carry out necessary investigations of the geographical environment such as: the analysis of lithologic, morphologic and hydrographic conditions, the investigation of the dynamics of the first horizon of ground water and of hydrothermal conditions, then the diagnosis of the phytocenosis units and its syntaxonomical belonging, the diagnosis of the particular genetic horizons, the definition of the types of soils and humus overburden. The following features of each genetic horizon were determined: the colour after Munsell's scale, the petrographic composition using the immersion method in the polarizing microscope, the granulometric composition by Bouyoucos method modified by Casagrande'a and Prószyński, the analysis of quartz grain abrasion in Krygowski's graniformameter, the transformation of organic substance by Duchaufour and Jacquin's method of extraction and fractionating humic compounds and over thirty characteristic physico-chemical properties of soils using methods generally applied in pedology (moisture, total stock of water, stock of water accessible to plants and biologically useful, field capacity, maximum capillary water capacity, hycroscopic capacity, real and bulk density, general porosity, air capacity, organic carbon, total nitrogen, carbonates content, assimilable phosphorus, total sulphur, sulphate sulphur, free iron, mobile iron, active acidity, hydrolytic acidity, exchange acidity, exchangeable aluminium, exchangeable hydrogen, exchangeable calcium, exchangeable magnesium, exchangeable sodium, exchangeable potassium, total exchangeable bases, exchange capacity, degree of base saturation). Investigations of the dynamics of selected hydrotrophic properties of soils were carried out for three hydrologic years (from 1<sup>st</sup> Nov. 1980 to 15<sup>th</sup> Oct. 1983). The particular features were analysed at different intervals according to their lability quoted in references.

The determination was done as follows:

- at two-week intervals (moisture, active acidity),
- at monthly intervals (exchangeable: calcium, sodium, potassium, magnesium, hydrogen),
- seasonally (hydrolytic acidity, exchange acidity, exchangeable aluminium, mobile iron, exchange capacity, total exchangeable bases, degree of base saturation).

When necessary the quantitative results were elaborated mathematically (thirty two thousand output data were available), with the use of proper computational technics and statistical tests: the analysis of correlation and regression (each item with one), Duncan's test (according to the difference standard error) and the variance analysis (in the split-block system). The computation was done in orthogonal system for two variants of observation: monthly (seven features) and seasonal (fourteen features). In order to determine the mean maximum-potential encumbrance of the empirical results with the natural spatial variability of soil features and with imperfect methods used in continuous observation a test of sample homogeneity was performed within each investigated surface. From the values obtained the coefficient of accidental variability and the coefficient of exactitude in evaluating of the mean were calculated. In all statistical tests the risk of error in conclusions 1% and 5% was taken into account.

The research was carried out in a polygenetic catena of soils and vegetation formed in redeposited Quaternary glaciofluvial and fluvial sands; in the forest ecosystems which has not been distorted by man made, and which is situated in the north part of Rava Upland (South Mazovian). The research fields was done in the valley of the Pisia Gagolina river, on the transect comprised all valley terraces and surface of morainic plateau. The lithologic properties of the substratum are fairly alike in all the examined profiles though there occur some essential differences and regularities in the spatial disposition of the physico-chemical features of the substratum connected with the age of deposits. The younger the deposited material, with a shorter period of disintegration and washing, the more visible, the decrease of the share of quartz and feldspars in the sand light grade and the higher share of resistant minerals in the heavy grade; the share of the heavy grade in the mechanical composition as well as the granulometric heterogeneity are also higher (e.g.  $W_r > 15$  in profile 1,  $W_r = 2-3$  in profile 5).

The trend of changes in hydro-trophic properties of soils was also in accordance with the orography of the terrain and the spatial disposition of features of the geologic substratum; it was visible in the decrease, as the relative altitude grew, of the following properties:

- the part of ground water in soils – from a peripercolative type of circulation (infiltration) in floodplain ash-alder forest to the endopercolative type (washing with no part of ground water) in the oak forest,
- water accessible to plants,
- value of soil potential in the development of leafy forests,
- the prevalence of the bound fraction over the free one, the share of humic acids and humines in the fractionated composition of humus,
- abundance of chemical components (apart from the oak forest habitat),
- resistance of soils to anthropogenic factors (index of soil elasticity: from 63% in the floodplain forest to 10–12% in the oak forest).

The ecologic individuality of the particular types of habitats in their pedo-phytosociologic aspect was more or less determined by the dynamics of the analysed soil features, which also supplied reliable criteria of classification. Moisture was the feature of highest taxonomic value. On the basis of moisture relationships in all the genetic horizons of the analysed soils it was possible to distinguish four statistically different groups which means that almost every habitat had a different hydrologic system. Such features as  $Ca^{++}$ ,  $Na^+$ ,  $Mg^{++}$ , S, V were less valuable in the ecologic differentiation of the toposequence (three groups of habitats). Exchangeable potassium ( $K^+$ ) did not differentiate the investigated ecosystem into groups of a different distribution of that feature in the whole profile. The similar floral composition of oak-hornbeam forest associations, i.e. the humus-forming plant litter similar in its physical and chemical properties, levels the differences of the petrographic and lithologic features of the substratum in the surface genetic soil horizons of those habitats. This is confirmed by the highest relative similarity (57%) of rust-coloured soil (poor variant of the oak-hornbeam forest) and leached brown soil (typical oak-hornbeam forest), determined by the occurrence of all analysed features in whole soil profiles (features of similar occurrence: W,  $Na^+$ ,  $H^+$ ,  $Al^{+++}$ , Hw, Hh,  $Fe^{++}$ ; differentiating features:  $Ca^{++}$ ,  $K^+$ ,  $Mg^{++}$ , T). The next soils most similar in the dynamics and vertical distribution of investigated features were: the brown podsollic soil (oak forest) and the rust-coloured soil (poor variant of oak-hornbeam

forest) — essential similarity in 41,1% of measuring variants (features of similar occurrence:  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Fe}^{++}$ ,  $\text{Hh}$ ; differentiating features:  $\text{W}$ ,  $\text{pH}$ ,  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Al}^{+++}$ ). The greatest differentiation occurred between humus clay (ash-alder floodplain forest) and autogenic soils (oak-hornbeam nad oak forest) — essential similarity in 1–2% of measuring variants.

Irrespective of distinct (statistically essential) differences in the occurrence of the particular soil features in the habitats, which accentuate their ecologic individuality, every year all the analysed features changed in time in the same way. The dynamics of thirteen among fifteen features ( $\text{W}$ ,  $\text{Z}$ ,  $\text{pH}$ ,  $\text{H}^+$ ,  $\text{Al}^{+++}$ ,  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Hh}$ ,  $\text{T}$ ,  $\text{V}$ ,  $\text{Fe}^{++}$ ) showed each year the rythm of seasonal changes, while the two others ( $\text{Hw}$ ,  $\text{S}$ ) displayed irregular fluctuation. The yearly trend of changes was connected with the seasonal dynamics of climate properties. The strongest, immediate statistically essential connection between the distribution of hydrothermal conditions and the soil processes has been recorded in the case of soil water utilization ( $\text{W}$ ,  $\text{Z}$ ). The indirect influence of hydrothermal conditions on other soil processes was exerted through moisture which determined the rythm of changes of other soil characteristics (notably the distribution of such features as:  $\text{pH}$ ,  $\text{Fe}^{++}$ ,  $\text{Na}^+$ ).

The strongest, statistically essential, reciprocal relations in the distribution of feature values, in the three years of investigations, were recorded in the case of sorption proprieties ( $\text{Hh}$ - $\text{T}$ - $\text{S}$ - $\text{V}$  and  $\text{Ca}^{++}$ - $\text{Mg}^{++}$ ) and in the effect of certain properties on soil characteristics ( $\text{Hh}$  on  $\text{T}$ ,  $\text{Al}^{+++}$  on  $\text{Hw}$ ,  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$  on  $\text{S}$ ,  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$  on  $\text{V}$ ).

The most labile features were:  $\text{pH}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{++}$ ,  $\text{H}^+$ ,  $\text{Ca}^{++}$ ; the most stable ones were:  $\text{T}$ ,  $\text{Hh}$ ,  $\text{V}$ ,  $\text{Hw}$ .

The fluctuation amplitude of soil feature values was directly proportionate to their general abundance in the given soil, which means that the most fertile soils (humus clay, brown soil) display the strongest dynamics. Nevertheless, it has been stated in all the analysed habitats that — in theory — the natural spatial lability of feature dynamics over the whole experimental surface should not exceed 10%.

Ecological justness of acceptance division of catena into the taxonomic units, the distribution values of the Zarzycki bioindicative index was emphasized. Obtained bioindicative values (according to reaction, moisture and soil trophism) for the particular ecosystems with analogous values of selected soil properties were compatible and the shape of approximal function was conformed with the trend of habitat feature properties differences in toposequence.

On the end of dissertation was obtained show that is very useful to develop and enlarge complex investigation, particularly in diagnosis and prognosis soil conditions, what is allowed to intensification of farming and forest activity and to preserve the nature's potential resources and biological balance in the environment.

*Translated by the author*

## УСЛОВИЯ МЕСТОПРОИЗРАСТАНИЯ КАТЕНЫ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ НА РАВСКОЙ ВОЗВЫШЕННОСТИ (С ОСОБЫМ УЧЁТОМ ДИНАМИКИ ВОДНОТРОФИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОЧВЫ)

### Резюме

Работа представляет собой попытку комплексного анализа биотических и абиотических элементов местообитания в аспекте экологической дифференциации природной среды с учётом изменений свойств почвы во времени, имевших место в вертикальных почвенных профилях. Элементарными единицами принимались биотопы, охарактеризованные определённым типом почвы и растительности. Анализ охватил 5 таксонов, определённых пятью комплексами, принадлежащими к трём сообществам (*Circaeo-Alnetum*, *Tilio-Carpinetum*, *Potentilloalbae Quercetum*) и пятью типами почв, принадлежащими к трём классам (аллювиальные, буроземные, подзолистые).

Следовательно, целью исследований был анализ местообитания с учётом динамики воднотрофических свойств лёгких лесных почв, охватывающий, в частности, следующие проблемы и вопросы:

- определение педогенетических факторов, которые обусловили дифференциацию почвенного покрова и тем самым оказали воздействие на пространственно-структурную организацию ландшафта,
- определении сезонного, годового и многолетнего хода избранных физикохимических свойств почвы,
- сравнение переменности анализируемых свойств почвы с динамикой экзогенных местообитаний (напр. с гигротермическими режимами),
- упорядочение свойств почвы, обозначающих экологическое своеобразие отдельных таксономических единиц (биотопов).

Исходной точкой для педологических исследований был сбор архивных данных и проведение необходимых исследований географической среды, охватывающих, в частности: анализ литологоморфологических и гидрографических условий, динамику первого уровня грунтовых вод и гигротермических режимов, диагноз участков фитоценозов и определение их синтаксономической принадлежности, а затем диагноз отдельных генетических уровней, определение типов почв и сырого перегоя. Для каждого генетического уровня определялись: цвет — по шкале Манселля, петрографический состав — методом иммерсии под поляризационным микроскопом, гранулометрический состав — методом Бойкукоса в модификации Касагранда и Прушиньского, анализ обделки кварцевых зёрен — методом механической граниформаметрии Крыговского, преобразования органического вещества — методом экстракций и фракционирования главных компонентов гумуса — методом Душефура и Жакуэн, а также свыше 30 физико-химических свойств почвы с помощью общепринятых в почвоведении методов (влажность, общий запас воды, запас воды доступной растениям, запас биологически полезной воды, полевая влагоёмкость, максимальная капиллярная влагоёмкость, молекулярная влагоёмкость, удельный вес скелета почвы, объёмный вес, общая порозность, воздушная ёмкость почвы, органический уголь, общий азот, содержание карбонатов, усвояемый фосфор, сера в общем, сульфатная сера, свободное железо, подвижное железо, активная кислотность, гидролитическая кислотность, обменная кислотность, обменный алюминий, обменный водород, обменный кальций, обменный марганец, обменный натрий, обменный калий, сумма щелочных катионов —

обменных оснований — ёмкость поглощения, степень насыщения поглощающего комплекса щелочными катионами). Исследования динамики избранных гидротрофических свойств почв велись на протяжении трёх гидрологических лет (1.11.1980 — 15.10.1983). Отдельные черты анализировались в разных временных промежутках, в зависимости от принятой на основе литературы их лабильности. Проводились следующие измерения:

- в двухнедельных промежутках (влажность, запасы почвенной воды, реакция среды),
- в месячных промежутках (обменные кальций, натрий, калий, магний, водород),
- сезонно (гидролитическая кислотность, обменная кислотность, обменный алюминий, подвижное железо, ёмкость поглощения, сумма щелочных катионов (обменных оснований), степень насыщения поглощающего комплекса щелочными катионами).

Полученные количественные результаты (мы располагали 32 тысячами основных данных) по мере необходимости математически разрабатывались и использованием соответствующих вычислительных техник и статистических тестов (корреляционный и регрессионный анализы — по схеме каждый с каждым), тест Данкэна (по стандартному разницы) и дисперсионный анализ (по схеме split-block). Расчёты велись в ортогональных системах для двух вариантов наблюдений: месячного (7 черт) и сезонного (14 черт). Для определения среднего максимального смещения оценки эмпирических результатов в силу естественной пространственной переменности черт и несовершенства методов при непрерывном ведении наблюдений в пределах каждого опытного участка проводился тест однородности образца. На основе полученных величин рассчитывался коэффициент случайной переменности и коэффициент точности оценки средней величины. Во всех статистических тестах выводы делались на уровне 1% и 5% допуска погрешности.

Исследования велись в полигенетическом почвенно-растительном катене, сложенным четвертичными глициофлювиальными и флювиальными песками, в мало антропогенно изменённых лесных экосистемах, расположенных в северной части Равской возвышенности. Стационарные участки были основаны в долине реки Писи Гонголины, на трансекте охватывающем отдельные террасы долины и территорию возвышенности. Литологические свойства основания были сходными во всех исследуемых профилях, хотя и отмечались некоторые существенные различия и закономерности в пространственном размещении физикохимических черт субстрата, связанные с возрастом осадений. Чем моложе седиментационный материал, характеризующийся более коротким периодом дезинтеграции и илимеризации, тем отчётливее уменьшается доля кварцев и полевых шпатов в лёгкой фракции песков, а растёт доля прочных материалов в тяжёлой фракции; увеличивается также доля тяжёлых фракций в механическом составе и гранулометрическая неоднородность. С орографией территории и пространственным распределением свойств геологическое основание совпадает также направление переменности гидротрофических свойств почв, выраженное уменьшением по мере роста относительной высоты следующих свойств:

- роли грунтовых вод в водном хозяйстве почв — от периперколяционного типа круговорота (промачиваемого) на заливном ясеневом-ольховом лугу к эндоперколяционному (илимеризационному без участия грунтовых вод) в термофильной дубраве,
- воды доступной растениям,
- ценности почвенного потенциала для развития растительности лиственных лесов,
- соотношения связанной фракции к свободной, участие гуминовых кислот и гумин во фракционном составе гумуса,
- унасыщенности химическими элементами (кроме местообитания термофильной дубравы),
- насыщенности химическими элементами (кроме местообитания термофильной дубравы),
- устойчивости почв к антропогенным воздействиям (показатель гибкости почвы от 63% на заливном лугу до 10% в термофильной дубраве).

При недефитосоциологическом подходе экологическую обособленность отдельных типов местообитания в меньшей или большей степени определяет также ход динамики анализируемых свойств почв, доставляя надёжные критерии классификации. Самой ценной в таксономическом плане чертой была влажность. На основе формирования водных режимов можно было выделить четыре статистически существенные группы, что означает, что почти каждое местообитание выделялось другим гидрологическим режимом. Менее ценным показателем экологической дифференциации топосеквенций (трёх групп местообитания) оказались такие черты как доля  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Mg}^{++}$ ,  $\text{S}$ ,  $\text{K}^+$ . Обменный калий ( $\text{K}^+$ ) не

дифференцировал исследуемых экосистем на группы с разным распределением этой черты во всём профиле. Доказано, что диагностическая ценность генетических уровней возрастала с глубиной. Сходный флористический состав местообитаний заливного луга, т.е. схожий в физико-химическом отношении растительный опад, действующий гумусообразно, влиял на сглаживание разниц свойств петрографо-литологического субстрата, поверхностных генетических уровней почв этих местообитаний. Это подтверждает наибольшее относительное сходство (57%) между бурой оподзоленной почвой (высокий заливной луг) и бурой выщелоченной почвой (типичный дубово-грабовый лес), определённое на основе хода всех анализируемых черт во всех почвенных профилях. (Черты со схожим ходом:  $W$ ,  $Na^+$ ,  $H^+$ ,  $Al^{+++}$ ,  $Hw$ ,  $Hh$ ,  $Fe^{++}$ , черты различающие:  $Ca^{++}$ ,  $K^+$ ,  $Mg^{++}$ ,  $T$ ). Затем наиболее схожей в отношении динамики и вертикального распределения исследуемых черт была бурая подзолистая почва (термофильная дубрава) и бурая оподзоленная почва (высокий заливной луг), где существенное сходство в 41% измерительных вариантов (черты со схожим ходом:  $Ca^{++}$ ,  $Mg^{++}$ ,  $H^+$ ,  $Na^+$ , черты различающие:  $W$ ,  $pH$ ,  $K^+$ ,  $Al^{+++}$ ,  $Hw$ ,  $T$ ), а также бурая подзолистая почва (термофильная дубрава) и бурая выщелоченная почва (типичный заливной луг), где существенное сходство в 39% измерительных вариантов (черты со схожим ходом:  $Na^+$ ,  $Fe^{++}$ ,  $Hh$ ), черты различающие:  $W$ ,  $pH$ ,  $Ca^{++}$ ,  $Mg^{++}$ ,  $K^+$ ,  $Al^{+++}$ . Самую сильную дифференциацию показывали аллювиальная пойменная почва (ясенево-ольховый заливной луг) и автогенные почвы (местообитания заливных лугов и термофильных дубрав), где существенное сходство в 1–2% измерительных вариантов.

Независимо от отчётливых (статистически существенных) разниц в ходе отдельных свойств почв в местообитаниях подчёркивалась их экологическая обособленность; все анализируемые черты отличались схожей в каждом году переменностью во времени. Динамика 13 из числа 15 исследуемых черт ( $W$ ,  $Z$ ,  $pH$ ,  $Al^{+++}$ ,  $Ca^{++}$ ,  $Mg^{++}$ ,  $Na^+$ ,  $Hh$ ,  $T$ ,  $V$ ,  $Fe^{++}$ ) показала повторяемый в каждом году ритм сезонных изменений, а в случае двух остальных черт ( $Hw$ ,  $S$ ) имела характер нерегулярных колебаний. Направление перемен в течение года коррелировало с сезонной динамикой климатических свойств. Самая сильная статистически существенная связь между распределением гидротермических условий и ходом почвенных явлений отмечалась для хозяйства почвенной воды ( $W$ ,  $Z$ ). Опосредствованное влияние гидротермических условий на формирование других почвенных явлений оказывалось посредством влажности, которая была чертой, детерминирующей ритм перемен других характеристик почвы (сильнее всего распределение таких черт как  $pH$ ,  $Fe^{++}$ ,  $Na^+$ ).

Самые сильные статистически существенные связи в распределении величин черт на протяжении трёх лет исследований наблюдались в сорбционных свойствах ( $Hh$  —  $T$ ,  $S$ ,  $V$  и  $Ca^{++}$  —  $Mg^{++}$ ) и в воздействии некоторых свойств на характеристики почв ( $Hh$  на  $T$ ,  $Al^{+++}$  на  $Hw$ ,  $Ca^{++}$ ,  $Mg^{++}$  на  $S$ ,  $Ca^{++}$ ,  $Mg^{++}$  на  $V$ ).

К самым лабильным чертам отнесены:  $ph$ ,  $Na^+$ ,  $K^+$ ,  $Mg^{++}$ ,  $H^+$ ,  $Ca^{++}$ , а к самым устойчивым  $T$ ,  $Hh$ ,  $V$ ,  $Hw$ .

Амплитуда колебаний величин почвенных черт прямо пропорционально коррелировала с их общим объёмом в данной почве, что означает, что самой сильной динамикой отличались самые плодородные почвы (пойменные аллювиальные почвы и бурые почвы). Тем не менее на всех анализуемых местообитаниях констатировано, что теоретически максимальное обременение полученных результатов динамики исследуемых черт их природной пространственной переменностью на целых опытных участках не превышало около 10%.

Экологическую исправность принятого деления катена на таксономические единицы подчёркивало также распределение величин биоиндикационных показателей Жажицкого. Определённые для отдельных экосистем (в отношении реакции, влажности, трофичности), они покрывались с величинами аналогичных черт почвы, а форма их аппроксимационных функций соответствовала общему тренду перемен свойств черты почвы в топосеквенции.

В завершение указывается, что развитие и расширение этого типа исследований кроме познавательного смысла может иметь большое хозяйственное значение, особенно в диагностике и прогнозе состояния почв (их ценности), позволяющих, в частности, наращивать лесное и сельскохозяйственное производство, учитывающим потенциальные ресурсы природы и биологическую защиту равновесия в окружающей среде.

Перевела Эльжбета Яворская



Zakład Narodowy im. Ossolińskich – Wydawnictwo. Wrocław 1990.  
Objętość: ark. wyd. 14,6; ark. druk. 13,00; ark. A<sub>1</sub>-17,3.  
Wrocławska Drukarnia Naukowa. Zam. 176/90

<http://rcin.org.pl>



WYDAWNICTWA IGiPZ PAN  
VARIA

Bibliografia geografii polskiej 1984, 1990, s. 467, zł 4000,—

Streszczenia prac habilitacyjnych i doktorskich 1986, 1987, 1988, s. 134, zł 300,—

Centralny katalog zbiorów kartograficznych w Polsce, zeszyt 5. Wieloarkuszowe mapy topograficzne Polski 1576—1870, 1984, cz. 1 s. 109, cz. 2 tab. 220, zł 3500,—

Katalog dawnych map Rzeczypospolitej Polskiej w kolekcji Emeryka Hutten-Czapskiego i w innych zbiorach. Oprac. W. Kret, 1978, s. 164, 37 map, zł 140,—; t. 2, Mapy XVIII wieku.

ERRATA

Str.	Wiersz	Jest	Powinno być
18	9 od g.	(CH <sub>3</sub> COOH <sub>4</sub> )	(CH <sub>3</sub> COONH <sub>4</sub> )
18	21 od g.	MH · M <sup>o</sup> · h · 10 <sup>±18</sup>	MH · M <sub>0</sub> · h · 10 <sup>-1</sup>
18	23 od g.	Z <sub>N</sub> = 0,9MH · M <sub>0</sub> · h · 10 <sup>±1</sup>	Z <sub>N</sub> = 0,9MH · M <sub>0</sub> · h · 10 <sup>-1</sup>
55	główka tab. 12	klinozoit	klinozoizyt
95	9 od d.	od zmian pH	od kierunkowych zmian pH
122	13 od d.	tendencji zmian zjawiska	kierunkowych tendencji zmian zjawiska
144	4 od g.	zmiany w przebiegu	kierunkowe zmiany w prze- biegu
156	1 od d.	pomiędzy	pomiędzy pozio-

Dok. Geogr. 5—6/90

Cena zł 6500, —

WYKAZ ZESZYTÓW DOKUMENTACJI GEOGRAFICZNEJ  
za ostatnie lata

1988

- 1 H. LIBURA — Badania wyobrażeń geograficznych na przykładzie mieszkańców Sanoka, s. 90, zł 100, —
- 2-3 J. KOSTROWICKI (red.) — Wybrane zagadnienia z geografii rolnictwa, s. 103, zł 100, —
- 4 I. DYNOWSKA (red.) — Antropogeniczne uwarunkowania zmian odpływu i reżimu rzek w różnych regionach Polski, s. 95, zł 100, —
- 5-6 L. KASPRZAK — Dyferencjacja mechanizmów formowania stref marginalnych faz leszczyńskiej i poznańskiej ostatniego zlodowacenia na Nizinie Wielkopolskiej, s. 159, zł 200, —

1989

- 1 J. MALCZEWSKI — Przestrzenna organizacja placówek podstawowej ochrony zdrowia (na przykładzie dzielnicy Warszawa-Wola), s. 98, zł 130, —
- 2 M. BARTNICKA — Wyobrażenia przestrzeni miejskiej Warszawy (studium geografii percepcji), s. 92, zł 130, —
- 3-4 Z. ZWOLIŃSKI — Geomorficzne dostosowywanie się koryta Prasęty do aktualnego reżimu rzeczno-geologicznego, s. 143, zł 260, —
- 5 A. ŁAJCZAK — Zróżnicowanie transportu zawiesiny w karpąckiej części dorzecza Wisły, s. 85, zł 130, —
- 6 P. JOKIEL, K. KOŻUCHOWSKI — Zmiany wybranych charakterystyk hydroklimatycznych Polski w bieżącym stuleciu, s. 94, zł 180, —

1990

- 1 A. KOTARBA (red.) — Współczesne procesy morfogenetyczne w Polsce. Wybrane zagadnienia, s. 85.
- 2-3 B. LUCHTER — Przestrzenne związki użytkowania ziemi w Krakowie, s. 91.
- 4 M. KUCZMARSKI — Uslonecznienie Polski i jego przydatność dla helioterapii, s. 69.
- 5-6 M. DEGÓRSKI — Warunki siedliskowe kateny ekosystemów leśnych na Wysoczyźnie Rawskiej (ze szczególnym uwzględnieniem dynamiki wodno-troficznych właściwości gleb), s. 206

1991

- 1 T. KOZŁOWSKA-SZCZĘSNA (red.) — Wyniki badań bioklimatu Polski. Cz. II (w druku)
- 2 M. KLIMASZEWSKI — Progi strukturalne — paralele geomorfologiczne (w druku)