

ANDRZEJ KARCZEWSKI

DENUDACJA GLEB NA POWIERZCHNIACH UŻYTKOWANYCH ROLNICZO NIŻU POLSKIEGO W OKOLICY POZNANIA

ZARYS TREŚCI

Na podstawie przeprowadzonych badań nad denudacją gleb na powierzchni użytkowanej rolniczo w obrębie Niżu (okolice Poznania) okazało się, iż proces splukiwania w pewnych sytuacjach topograficzno-litologicznych osiąga dość znaczne rozmiary. Zastosowano szereg metod polowych określających wielkość oraz tempo splukiwania brzdowego i rozproszonego na tle dość znacznie zróżnicowanych warunków meteorologicznych lat 1976 i 1977. Wydzielono dwa okresy: zimowo-wiosenny i letnio-jesienny różniące się jakością i wielkością procesów.

WSTĘP

W wyniku gospodarczej działalności człowieka zostaje w większości wypadków naruszona równowaga środowiska przyrodniczego. Działalność rolnicza przekształca formy powierzchni ziemi i dlatego może być traktowana na równi z innymi naturalnymi, przyrodniczymi procesami morfogenetycznymi.

Warstwa glebowa, położona szczególnie na powierzchniach nachylnych, podlega niszczeniu przez działalność rolniczą. Proces ten w literaturze gleboznawczej i geomorfologicznej określany był jako erozja gleb (termin wprowadzony po raz pierwszy przez Benetta w 1928 r.). Dylik (1954) proponuje nazwać ten proces denudacją gleb, ponieważ uważa, iż działalność rolnicza staje się morfogenetycznym czynnikiem i swym bezpośrednim oddziaływaniem zakłóca równowagę geomorfologiczną.

Czynniki wpływające na wielkość denudacji gleb, na obszarach rolniczych, można podzielić na dwie grupy, a mianowicie:

1) przyrodnicze — geomorfologiczne (litologia, profil i długość stoku, ekspozycja, typ gleby), klimatyczne (wody opadowe, pokrywa śnieżna, temperatura powietrza i gruntu, wilgotność, wiatr),

2) antropogenne — kierunek orki i bronowania, typ uprawy, kierunek miedz śródpolnych, melioracja.

Reniger (1950) opracowując mapę zagrożenia erozją gleb Polski wykazała nasilenie tego procesu w trzech równoleżnikowych pasach, tj. górskim, wyżynnym i pojeziernym. Dlatego też większość prac polskich, omawiających zagadnienie denudacji gleb w różnych jej aspektach, pochodzi właśnie z tych obszarów.

Okazuje się jednak, że na terenach Niziu Polskiego, par excellence typowo rolniczych, w strefach moren czołowych oraz krawędziowych dużych dolin i pradolin, przy znacznych deniwelacjach i zróżnicowanej litologii zjawisko to wykazuje dość dużą efektywność.

CEL PRACY

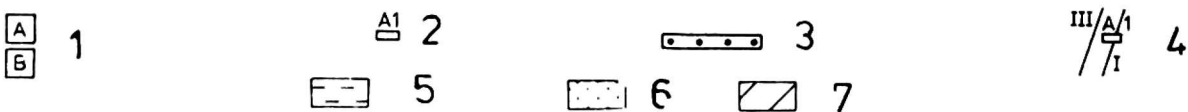
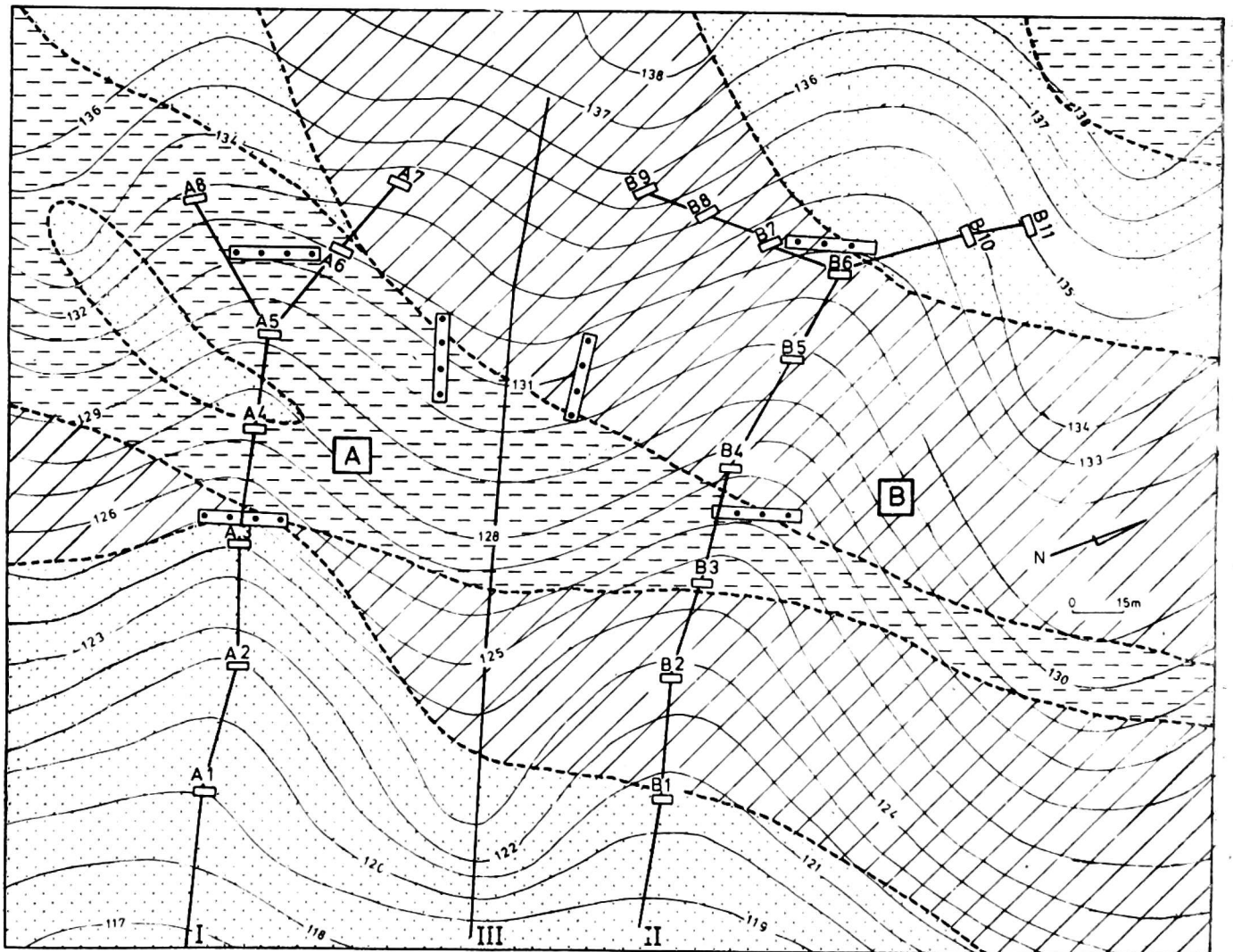
Tendencje w badaniach współczesnych procesów geomorfologicznych między innymi dążą do określenia dynamiki zjawisk, ich przebiegu oraz wpływu na ogólny bilans rozwoju rzeźby. Dlatego też coraz większą uwagę zwracają prace omawiające również zjawisko denudacji gleb.

Wśród procesów denudacyjnych niewątpliwie najważniejszym w naszych warunkach klimatycznych Niziu jest proces spłukiwania. Występuje on w dwóch formach — rozproszonego i bruzdowego. Spłukiwanie rozproszone mało dostrzegalne, powoduje selektywne działanie grawitacyjne prowadzące do powolnego wymywania frakcji drobnych w dół stoku w przestrzenie wolne w glebie. Proces ten omawiają między innymi Gerlach (1966) i Jahn (1968). O wiele efektywniejsze i łatwiejsze do uchwycenia jest spłukiwanie bruzdowe. W wyniku działania tego procesu powstają na powierzchniach nachylonych całe systemy bruzd erozyjnych oraz stożków deluwialnych w okresie roztopów wiosennych oraz opadów letnio-jesiennych. Ostatnio obserwuje się również ten proces podczas bezmroźnych i deszczowych zim. Materiał glebowy jest w tym wypadku w sposób przyspieszony przemieszczany w dół stoku, powodując degradację powierzchni nachylonych.

Chcąc wypełnić lukę w badaniach nad denudacją gleb na obszarach niżowych, autor niniejszej pracy od 1975 roku podjął badania na niewielkiej, użytkowanej rolniczo powierzchni w pobliżu Poznania. Wstępne wyniki przedstawił w komunikacie w 1977 r. Na podstawie dwuletnich badań (lata 1976 i 1977), charakteryzujących się dość dużym zróżnicowaniem warunków meteorologicznych, przy tej samej uprawie kukurydzy, starano się przedstawić mechanizm oraz zmienność procesów denudacyjnych w czasie i przestrzennie. Wyniki badań nie odzwierciedlają niestety w pełni wielkości procesów jakie zachodziły na omawianej powierzchni ze względu na przerwy w obserwacjach ciągłych, spowodowane licznymi zabiegami agrotechnicznymi (orka, bronowanie, siew, koszenie, stosowanie środków chemicznych). Przed każdym z powyższych zabiegów musiano demontować urządzenia (m. in. chwytacze, paliki).

OBSZAR BADAŃ

Obserwacje terenowe prowadzone na stokach moreny czołowej (Góra Moraska) koło Poznania na powierzchni około 9 ha, w obrębie dwóch niecek denudacyjnych przedzielonych ostrogą (rys. 1). Powierzchnia uprawna wykazuje średnie nachylenie $1,5 - 2,5^\circ$ (ekstremalne wartości od



Rys. 1. Obszar badań

1 — niecki denudacyjne A i B, 2 — miejsca chwytaczy, 3 — pasma wysypania ziarna znaczonego, 4 — profile morfometryczne, 5 — ił trzeciorzędowy, 6 — piaski glaciofluwialne, 7 — gliny morenowe i piaski gliniaste

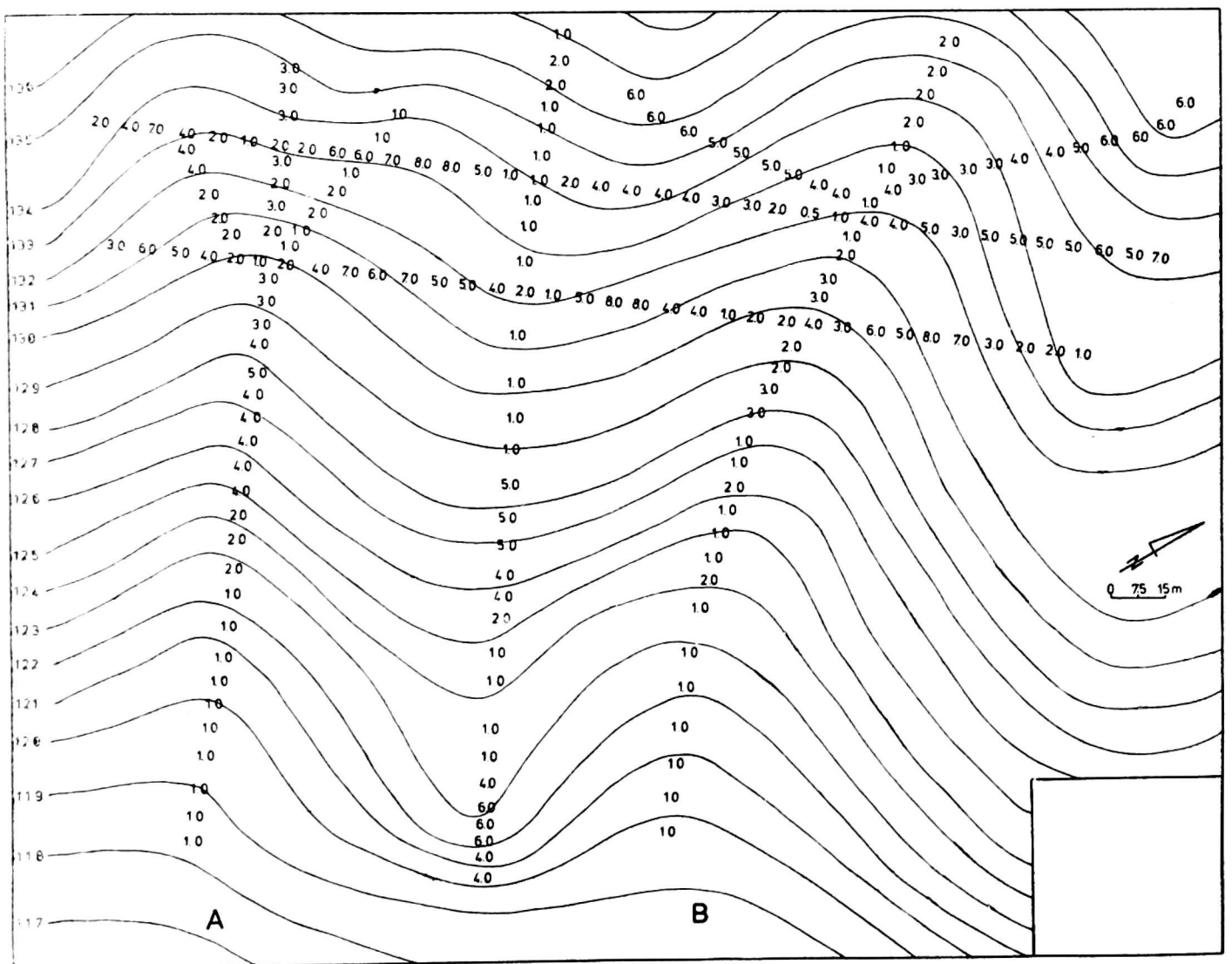
0,5 do $9,0^\circ$ — rys. 2). Różnice wysokości na przestrzeni 280 m osiągają wartość 21 m (rys. 1). Pod względem litologicznym obszar jest bardzo zróżnicowany ze względu na występujące tu wychodne struktur glaci-tektonicznych (spiętrzona morena czołowa) w postaci piasków, piasków gliniastych i glin oraz iłu trzeciorzędowego (rys. 1). Przebieg ich jest skośny w stosunku do ogólnego nachylenia powierzchni uprawnej posiadającej ekspozycję południowo-wschodnią.

Oprócz podanych cech morfometryczno-litologicznych w badaniach

nad denudacją gleb ważnym elementem informacji przy analizie jest wykaz czynności agrotechnicznych, których zestawienie przedstawiono poniżej:

Tabela 1

Zabieg agrotechniczny	Termin	
	1976	1977
bronowanie wiosenne	połowa kwietnia	druga połowa kwietnia
wysiew kukurydzy	koniec maja	początek maja
bronowanie letnie	połowa czerwca	początek czerwca
biór kukurydzy	koniec września	połowa września
ka jesienna	początek listopada	koniec września



Rys. 2. Profile hipsometryczne

ZASTOSOWANIE METODY

Chcąc określić wielkość oraz kierunek przemieszczania gleby po nachylonej powierzchni uprawnej zastosowano szereg metod, które w dość dużym przybliżeniu informują o skali zjawiska. Przybliżone wartości wy-

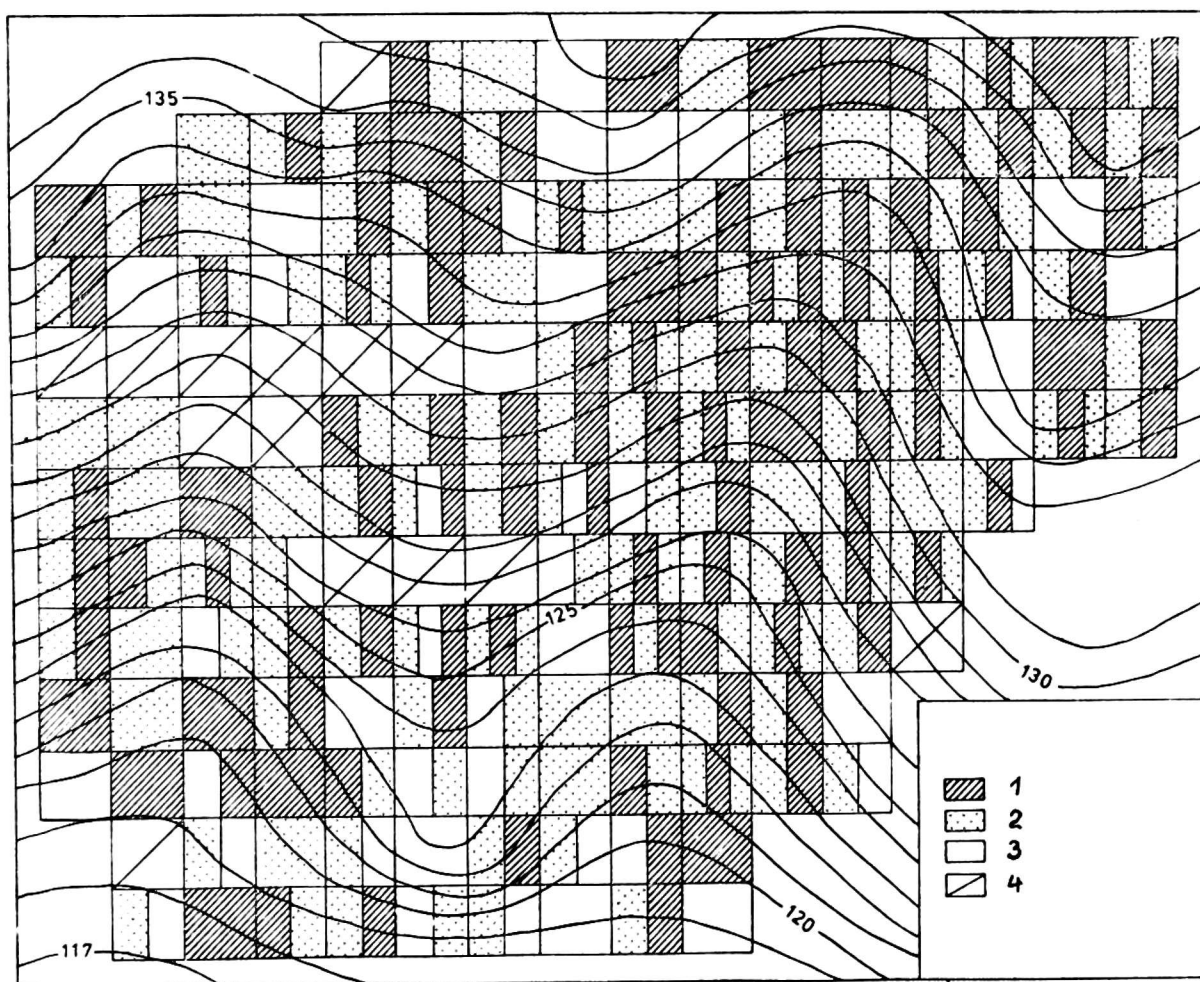
nikają z tego, iż badania nie prowadzono na wyizolowanych poletkach doświadczalnych, a na powierzchni produkcyjnej, stąd częste przerwy w obserwacjach o których wspomniano poprzednio. Dlatego dane liczbowe traktować należy jako stwierdzone wartości minimalne.

W badaniach terenowych zastosowano następujące metody i techniki pomiarowe: a) metodę palikową, b) metodę chwytaczy, c) metodę ziarna znaczonego (luminoforowego), d) metodę inwentaryzacji form spływu brzdowego (pojemność brzd i kubatura stożków). Poza tym wykonano pomiary zaniku pokrywy śnieżnej na powierzchni testowej. Równoległe do obserwacji terenowych wykonywano analizy laboratoryjne prób gleby pod kątem składu mechanicznego, zawartości CaCO_3 , zawartości próchnicy i ilości ziarna luminoforowego (pod lampą kwarcową).

Metoda palikowa — metoda polega na określeniu intensywności denudacji przy wykazaniu tendencji degradacyjno-agradacyjnych. Na badanej powierzchni wyznaczono sieć kwadratów o boku 20 m (pole o 400 m^2), w środku których wbito metalowe okrągłe ostro zakończone paliki o długości 45 cm (głębokość wbicia 33,5 cm). Na paliku o średnicy 1 cm nacięta jest skala centymetrowa z linią zaznaczającą poziom wbicia. W roku 1976 wbito 180 palików (wiosna) i 173 paliki (lato). W 1977 roku natomiast latem wbito 164 paliki, a jesienią 155 palików. Pomiary starano się dokonywać w odstępach dwutygodniowych (1976 r.) dwa pomiary przed wiosennym bronowaniem i siewem kukurydzy, a w 1977 r. — osiem pomiarów pomiędzy wysianiem a zbiorem kukurydzy i cztery pomiary po orce jesiennej.

Uzyskane wartości zmian pionowych powierzchni w stosunku do poziomu odniesienia — zaznaczonego na paliku, wskazywały na degradację lub agradację gleby. Na podstawie zebranych wartości dodatnich i ujemnych opracowano kartogramy obrazujące przestrzenne zmiany powierzchni uprawnej. Ostatni pomiar powinien zatem wykazać ostateczną wartość zmiany powierzchni gleby w stosunku do poziomu pierwotnego. Okazało się, iż w poszczególnych punktach pomiarowych w pewnym okresie wyraźniejsze były tendencje degradacyjne, by przy innych warunkach pogodowych w tych samych punktach zaznaczyły się tendencje agradacyjne (rys. 3). W związku z tym zastosowano z pozytywnym rezultatem prosty wskaźnik, nazwany wskaźnikiem zmienności powierzchni. Obliczono go dzieląc sumę wartości bezwzględnych (w cm) z poszczególnych pomiarów przy każdym paliku przez ilość dni okresu pomiarowego. Dane te przedstawiono w kartogramach (rys. 4), które analizowano porównując z warunkami meteorologicznymi okresów pomiarowych, litologią i wartością nachylenia powierzchni.

Metoda chwytaczy — do określenia przede wszystkim splukiwania rozproszonego, mało dostrzegalnego, zastosowano zmodyfikowane chwytacze typu Schmida o wymiarach $340 \times 240 \times 40 \text{ mm}$; zdawano sobie



Rys. 3. Zbiorcze kartogramy wykazujące tendencje do:

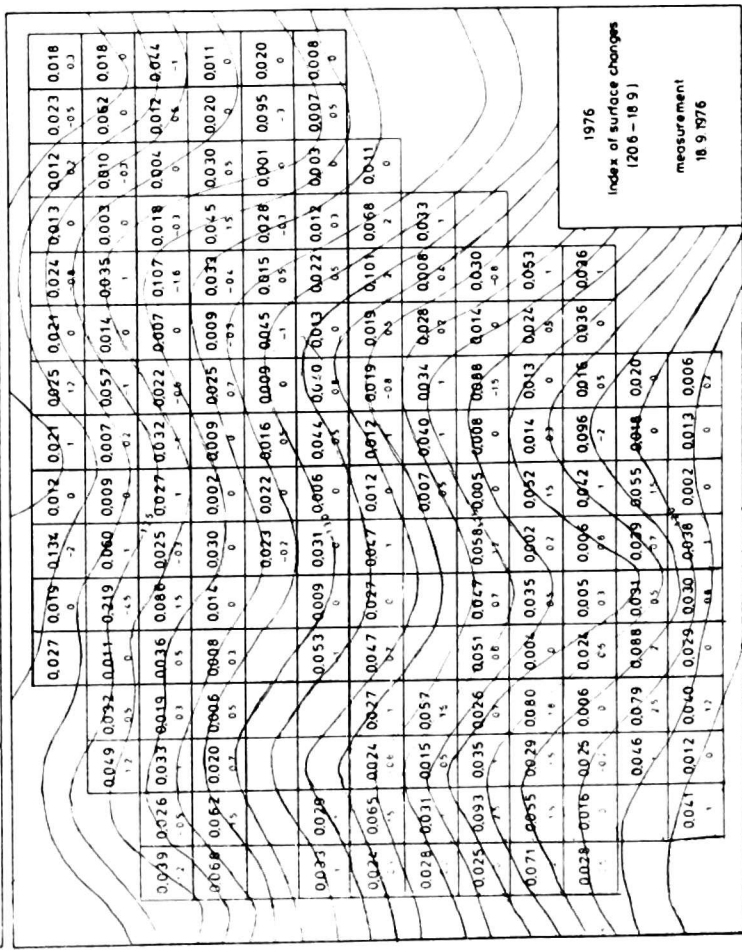
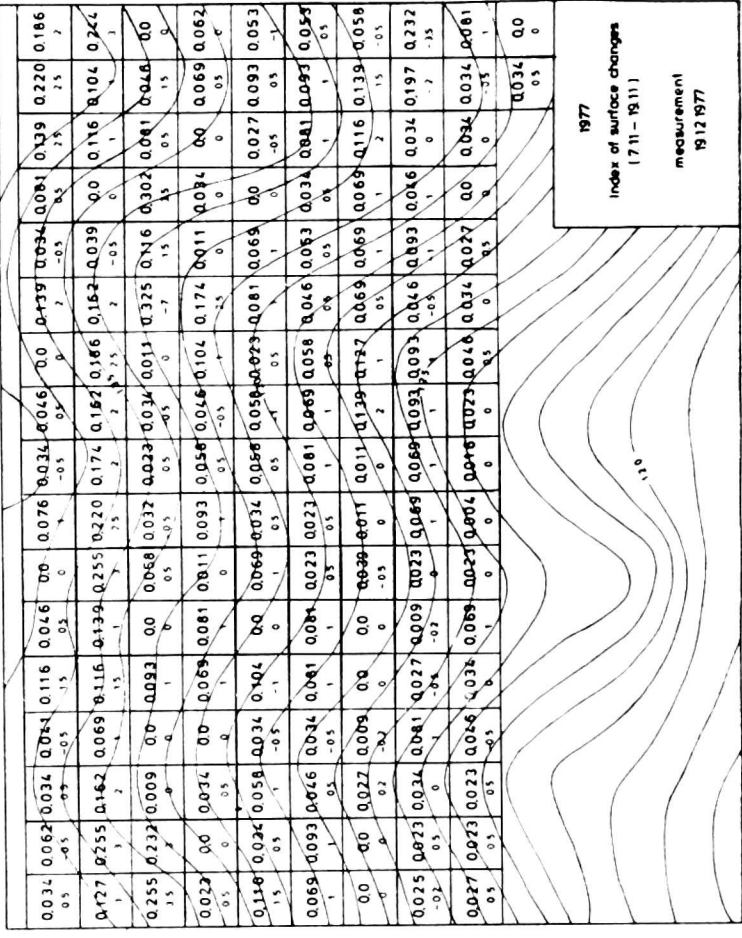
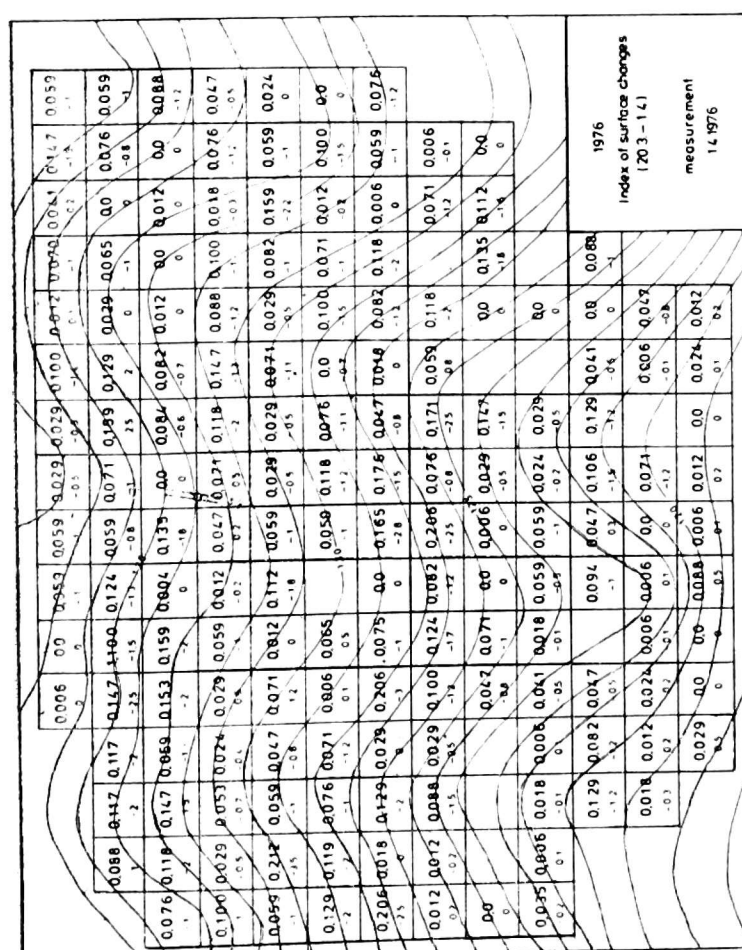
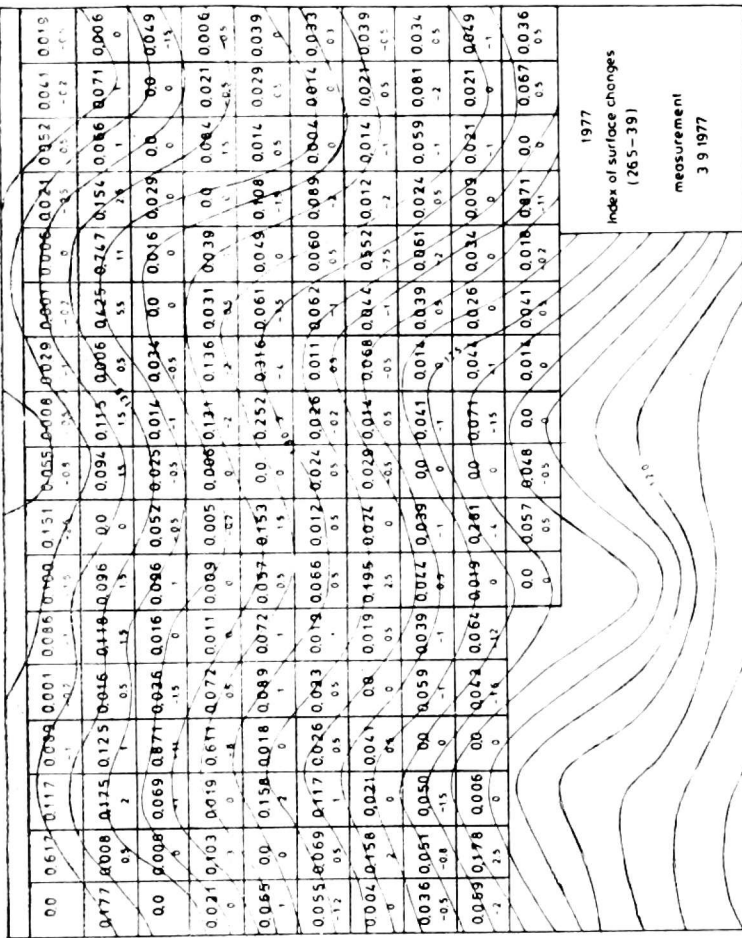
1 — degradacji, 2 — agradacji, 3 — brak tendencji, 4 — brak kompletnych danych

sprawę, iż to urządzenie chwytne wykazuje duże błędy pomiarowe (patrz Gerlach 1966). Ze względu jednak na fakt prowadzenia obserwacji na powierzchni produkcyjnej nie można było zastosować rynien typu Gerlacha. Ilość materiału pobranego z chwytaczy należy traktować zatem jako wartość minimalną. W niecce denudacyjnej A zainstalowano 9 chwytaczy, a w niecce B — 11 chwytaczy (rys. 1) w częściach źródłiskowych niecek oraz w ich osiach. W odstępach miesięcznych lub po silniejszych ulewach wybierano materiał z chwytaczy do badań laboratoryjnych określając wagę materiału glebowego oraz jego skład mechaniczny.

W 1976 roku pobrano dwukrotnie materiał przed wiosennym bronowaniem i siewem kukurydzy oraz trzykrotnie w okresie pomiędzy wysianiem a zbiorem kukurydzy. W roku 1977 natomiast czterokrotnie w okresie pomiędzy siewem a zbiorem kukurydzy i jeden pobór po orce jesiennej.

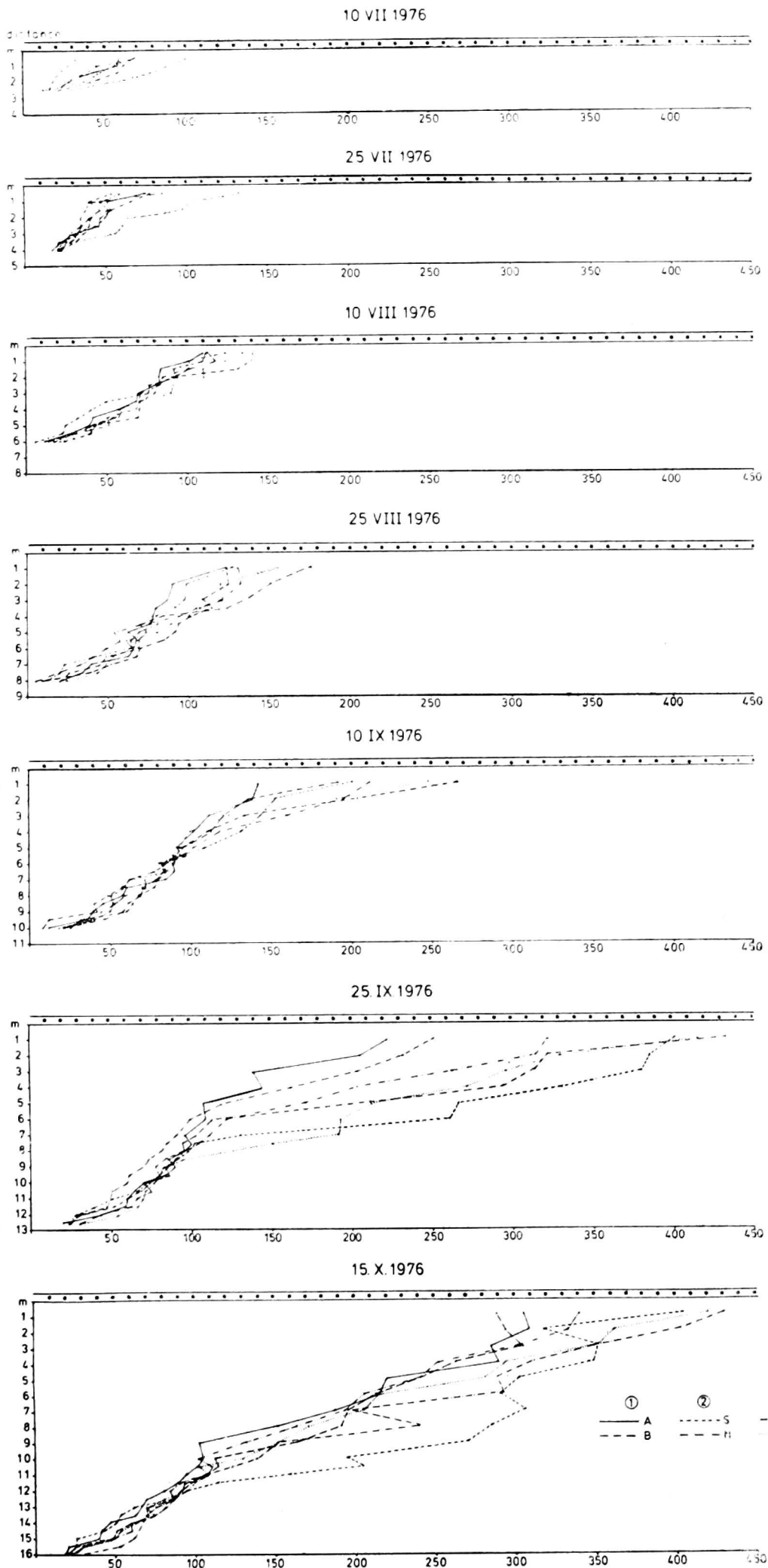
Dane wagowe oraz skład mechaniczny materiału glebowego został przedstawiony na wykresach, a ich interpretację analizowano również na podstawie warunków fizyczno-geograficznych obszaru badań.

Metoda ziarna znaczonego (lumino forowego) — w celu określenia prędkości oraz ilości przemieszczania się materiału na drodze spłukiwania rozproszonego po nachylonej powierzchni zastosowano

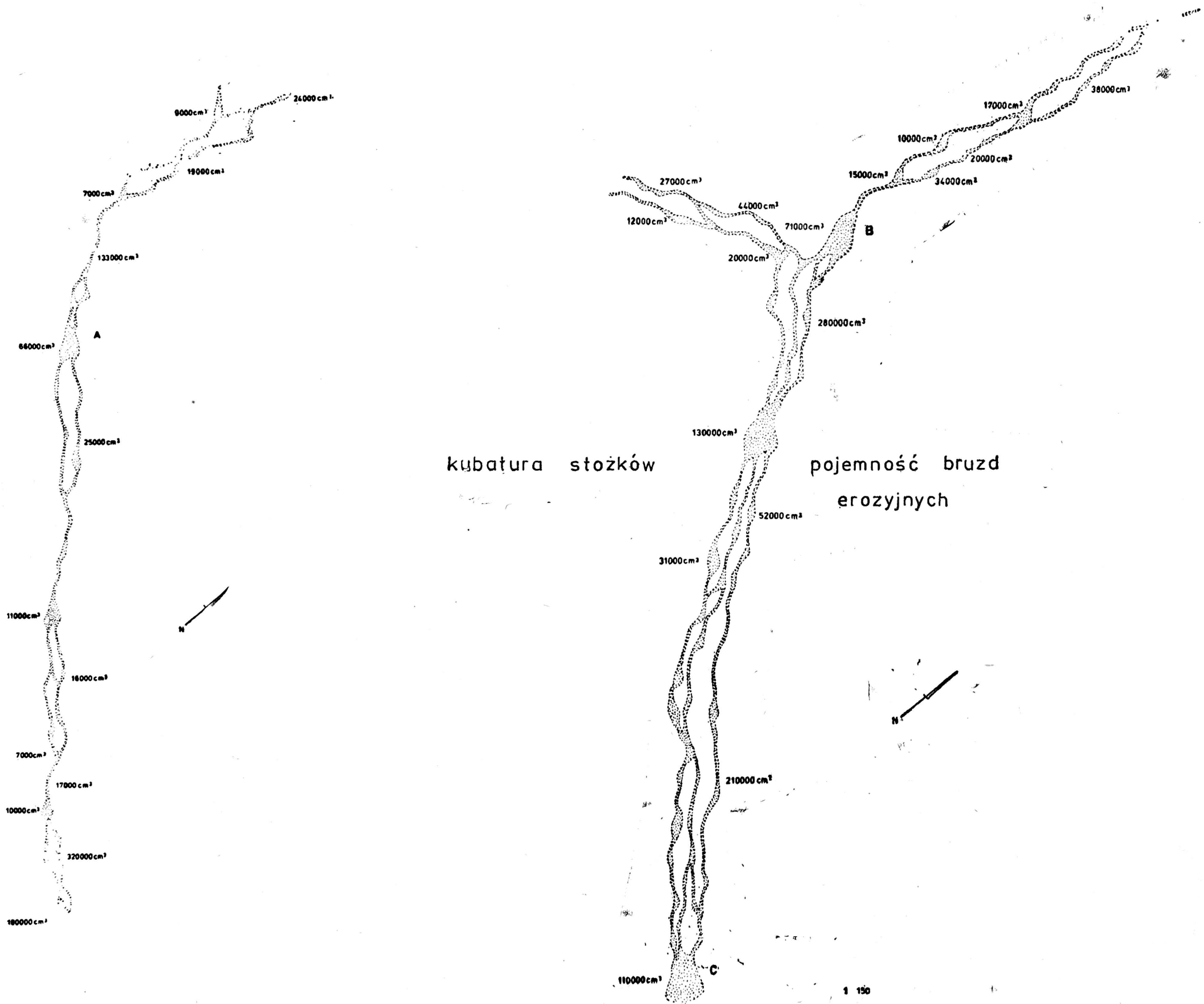


Rys. 4. Wskaźniki zmian pionowych powierzchni uprawnej

A — okres zimowo-wiosenny (20.3. - 1.4.1976), B — okres letnio-jesien (20.6. - 18.9.1976) — pomiar 18.9.1976, C — okres letnio-jesien (26.5. - 2.9.1977), D — do skoszenia kukurydzy — pomiar 3.9.1977, E — do skoszenia kukurydzy (7.11. - 19.11.1977) — pomiar 19.11.1977



Rys. 5. Diagramy prędkości i ilości przemieszczania się ziarna znaczonego
 1. A. — część źródłiskowa niecki A, 1. B. — część źródłiskowa niecki B, 2. S. — stok południowy ostrogi denudacyjnej, 2. N. — stok północny ostrogi denudacyjnej, 3. A. — część środkowa niecki A, 3. B. — część środkowa niecki B. Na osi poziomej liczba ziarn znaczonych



Rys. 6. System bruzd i stożków — lato 1977 (niecka A i B)

materiał znaczony. Około 50 kg ziarna frakcji 0,5 - 0,75 mm poddano kąpeli w mieszaninie składającej się z luminoforu (antracen $C_{14}H_{10}$ lub fluoresceina $C_{20}H_{12}O_5$), kleju kazeinowego, cukru i wody. Na 5 kg piasku znaczonego wzięto 35 g antracenu lub fluoresceiny, 45 g kleju, 25 g cukru i 2 litry wody (wg Marsza 1967). Materiał został rozsypany, na sześciu testowych pasach o wymiarach 20 m długości i 0,2 m szerokości, w różnych sytuacjach topograficznych (rys. 1). Dwa pasy wyznaczono w częściach źródłiskowych niecki A i B, dwa pasy w odcinkach środkowych obu niecek oraz dwa pasy na stokach ostrogi denudacyjnej rozdzielającej wspomniane niecki (ekspozycja stoków N i S). Co dwa tygodnie pobierano próbki gleby metodą punktowo-liniową w odległościach co 0,5 m od pasa wysypania. W laboratorium pod lampą kwarcową obliczano liczbę znaczonych ziarn z prób o wadze 200 g. Jako materiał testowy wzięto ziarno o frakcji 0,5 - 0,75 mm. Okazuje się, iż najczęściej, pod względem procentowego udziału tak w materiale pochodzącym z chwytaczy, jak również ze stożków deluwialnych jest frakcji o wielkościach 0,20 - 0,15 mm i 0,15 - 0,075 mm. Próby kąpeli luminoforowej tych drobnych frakcji nie dały jednak spodziewanych rezultatów, ponieważ tworzyły się większe agregaty. Dlatego też użyto frakcji nieco grubszej. W 1976 roku dokonano siedmiu pomiarów, z tym że sześć obejmowały okres od zasiań do zbioru kukurydzy, a siódmy pomiar nastąpił po jej zbiorze. W 1977 roku z przyczyn technicznych nie wysypano ziarna.

Na wykresach w układzie współrzędnych prostokątnych podano odległości od prób do pasa wysypania oraz liczbę ziarn znaczonych w poszczególnych próbach (rys. 5).

Metoda inwentaryzacji form spłukiwania bruzdowego — największą efektywność denudacyjną na omawianym terenie wykazywało spłukiwanie bruzdowe. W celu określenia jego wielkości przeprowadzono pomiary wielkości bruzd (pomiar szerokości, głębokości w profilu poprzecznym) obliczając ich pojemność w cm^3 na całej długości systemu. Poza tym obliczano kubaturę materiału złożonego w stożkach deluwialnych — pomiar powierzchni stożków oraz miąższość warstwy osadów.

Pomiary w terenie dokonywano przeważnie dwukrotnie, tzn. w okresie zimowo-wiosennym po zaniku pokrywy śnieżnej oraz w okresie letnim, po kulminacji opadów. W 1976 roku pomiary wykonano w dniach 2 i 20 marca (rys. 9 B) oraz w dniach 16 - 20 sierpnia (rys. 9 A). W 1977 roku natomiast 10 i 17 lutego (rys. 10 B) oraz od końca maja do końca czerwca (rys. 10 A).

W przeliczeniu objętości materiału glebowego odprowadzonego systemu bruzd oraz zakumulowanego w postaci stożków deluwialnych na ciężar masy denudowanej gleby przyjęto przelicznik $1,9 g/cm^3$ (średni ciężar właściwy mineralnych gleb — wg Ugglą 1976 wynosił $2,65 g/cm^3$).

Układy przestrzenne rozmieszczenia bruzd i stożków deluwialnych z podanymi wartościami objętości materiału glebowego z lat 1976 i 1977 przedstawiono w tabeli 4.

Pomiary zaniku pokrywy śnieżnej — przyczyną zróżnicowanego nawilgocenia gleby i ilości wód roztopowych, które decydują o wielkości i tempie denudacji gleb w okresie zimowo-wiosennym, jest nierównomierny zanik pokrywy śnieżnej. Dlatego też przeprowadzono badania miąższości warstwy śniegu oraz określono sposób oraz tempo jej zaniku. W tym celu wyznaczono testowe pasy pomiarowe o szerokości 40 m (1976 r.) i 50 m (1977 r.), przebiegające przez obie niecki i ostrogę denudacyjną. W kwadratach o boku 20 m lub 25 m wbijano drewniane paliki, w pobliżu których dokonywano pomiarów miąższości pokrywy śnieżnej. W zimie 1975/1976 pokrywa śnieżna utrzymywała się od 4 stycznia do 16 marca, a pomiary dokonano w dniach 16 I, 26 I, 31 I, 7 II, 14 II, 21 II i 13 III (rys. 7). W zimie 1976/1977 pokrywa śnieżna występowała w okresie od 10 grudnia do 16 lutego, a pomiary dokonano w dniach 19 XII, 8 I, 22 I, 3 II, 6 II, 11 II. Etapy zaniku pokrywy na testowych pasach z podanymi wartościami miąższości przedstawia rycina 7.

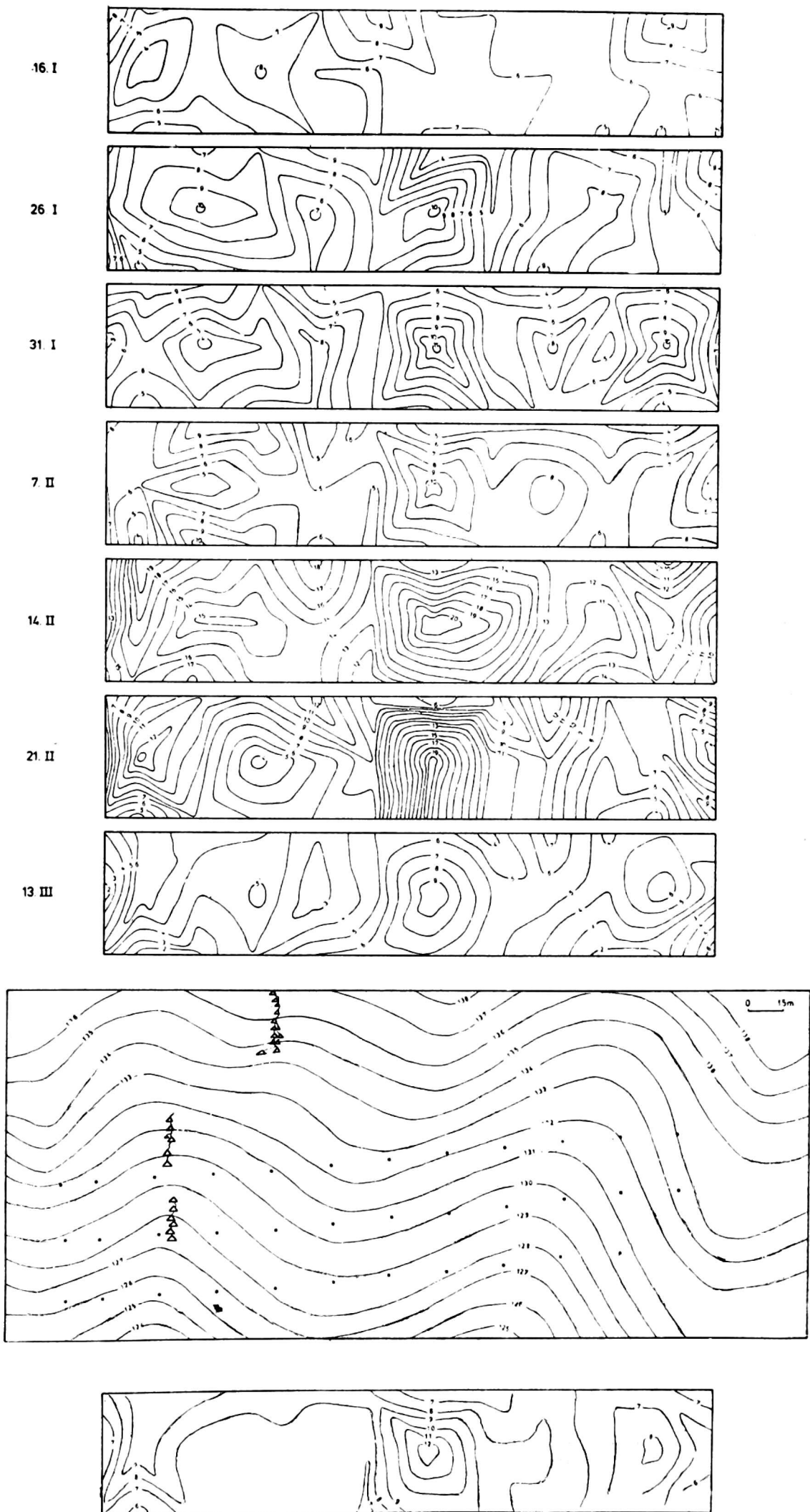
W opracowaniu laboratoryjnym próbek gleb pobranych z chwytaczy, stożków deluwialnych i glebowych profilów określano przede wszystkim skład mechaniczny (rys. 11). Poza tym wybiórczo określano zawartość CaCO_3 i próchnicy.

SEZONOWE ZRÓŻNICOWANIE PROCESÓW DENUDACYJNYCH POWIERZCHNI ROLNICZEJ

Na podstawie zastosowanych metod terenowych obrazujących wielkość i kierunek przemieszczania się gleby oraz wyników badań laboratoryjnych przedstawiono próbę określenia mechanizmu i przestrzennej zmienności procesów denudacyjnych na tle warunków meteorologicznych.

Warunki meteorologiczne okresu badawczego — okres, w którym przeprowadzono obserwacje nad denudacją gleb obejmował lata 1976 i 1977. Dane meteorologiczne przedstawione w tabeli 2 pochodzą ze stacji położonej w odległości 6 km od obszaru badań. Ze względów technicznych nie można było zainstalować aparatury pomiarowej na badanym polu.

Rok 1976 — średnia temperatura roku wynosiła $7,6^\circ$ (średnia z wielolecia — $8,5^\circ$ — Molga 1966), przy czym liczba dni z temperaturą powyżej 0° wynosiła 288 dni, a z temperaturą poniżej 0° — 76 dni. Najzimniejszymi miesiącami były: luty ($-2,4^\circ$), styczeń ($-2,4^\circ$), grudzień ($-1,1^\circ$) i marzec ($-0,3^\circ$). W tych też miesiącach była największa liczba



Rys. 7. Zanik pokrywy śnieżnej — wiosna 1976

1 — miąższość pokrywy w poszczególnych okresach pomiarowych, 2 — lokalizacja pasa obserwacji, 3 — średnia wartość miąższości pokrywy w całym okresie pomiarowym

dni z temperaturą poniżej 0° — luty 22 dni, marzec 18 dni, styczeń 16 dni i grudzień 16 dni. Również temperatury gruntu poniżej 0° kształtowały się podobnie — luty 25 dni, grudzień 25 dni, marzec 19 dni, styczeń 12 dni i listopad 9 dni. Jeśli chodzi o opady, to rok ten był rokiem suchym. Roczny opad wyniósł 475,7 mm (średnia z wielolecia — 517 mm — Molga 1966). Najwięcej opadów wystąpiło w styczniu — 82,8 mm, lipcu — 68,6 mm i wrześniu 59,4 mm. Liczba dni z opadem deszczowym wynosiła 110 dni, a z opadem śniegu 54 dni. Liczba dni natomiast z opadem do 10 mm osiągnęła wartość 151 dni, a z opadem powyżej 10 mm tylko 9 dni. Najwyższe jednodniowe opady zanotowano w dniach — 23 lipca 29,1 mm i 29 września — 25,6 mm.

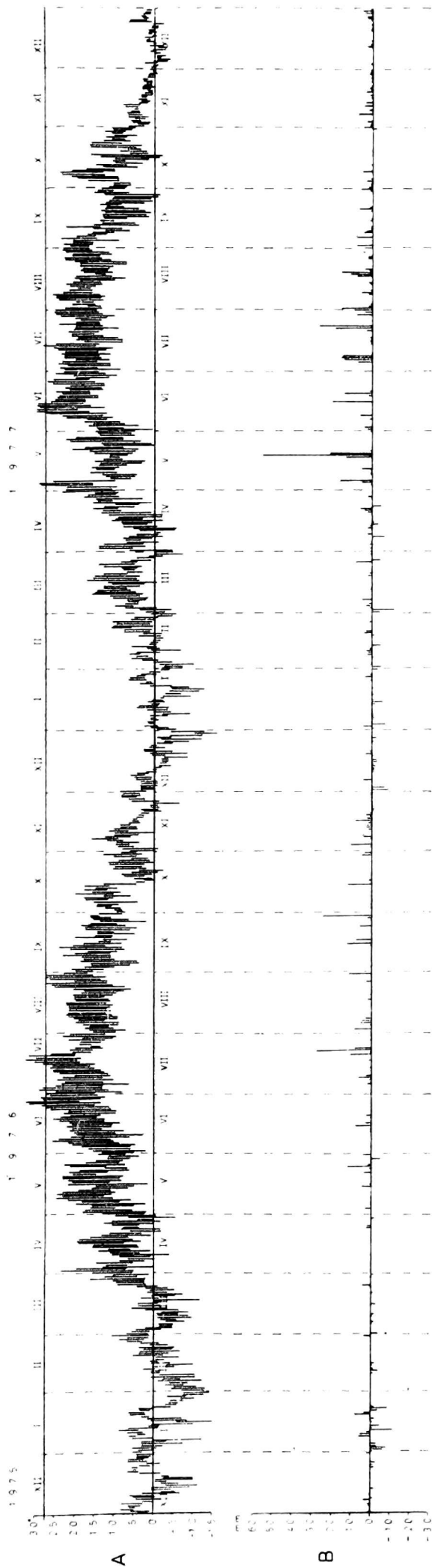
Rok 1977 — średnia temperatura roku wynosiła $8,4^{\circ}$, a więc wyższa o $0,8^{\circ}$ w stosunku do roku 1976. Z temperaturą powyżej 0° było 318 dni, a z temperaturą poniżej 0° tylko 47 dni. Jedynie styczeń posiadał temperaturę średnią poniżej 0° , tj. $-0,9^{\circ}$. Natomiast zanotowano o wiele więcej dni z temperaturą gruntu poniżej 0° — 123 dni. Opady natomiast osiągnęły wartość 631,7 mm (średnia z wielolecia 517 mm). Można zatem określić rok 1977 jako dość wilgotny na omawianym obszarze, bowiem opad w stosunku do średniej wieloletniej, przekroczył wartość 110 mm. Dni z deszczem w omawianym roku było 140, a z opadem śniegu 30. Najwilgotniejszymi miesiącami były: maj — 120,2 mm, lipiec — 115,6 mm, sierpień — 82,2 mm. Liczba dni z opadem powyżej 10 mm wynosiła 15 dni. Najwyższe opady jednodniowe zanotowano 20 maja — 55,8 mm, 25 lipca — 26,9 mm, 15 czerwca — 20,6 mm i 20 sierpnia — 20,5 mm.

W podsumowaniu można stwierdzić, że rok 1976 był rokiem chłodniejszym i suchszym w przeciwieństwie do roku 1977, cieplejszego i wilgotniejszego (rys. 8). Biorąc pod uwagę specyficzne warunki meteorologiczne, stan fizyczny warstwy glebowej, czynności agrotechniczne i pokrywę roślinną wydzielono pod względem określonych procesów denudacyjnych dwa okresy różniące się w sposób zasadniczy, a mianowicie okres zimowo-wiosenny i letnio-jesienny.

OKRES ZIMOWO-WIOSENNY

O wielkości denudacji gleb w omawianym okresie decyduje przede wszystkim grubość i rozkład pokrywy śnieżnej, warunki meteorologiczne, ekspozycja i kształt stoku, grubość przemarznięcia gleby oraz przebieg zaniku pokrywy śnieżnej.

Największe efekty denudacji zaobserwowano przy gwałtownie przebiegających roztopach, głęboko przemarzniętej glebie, dużych dobowych amplitudach temperatury i opadach deszczowych podczas zaniku śniegu. Najmniejsze natomiast wartości degradacji gleb zachodziły w okresie ła-



Rys. 8. Warunki meteorologiczne w roku 1976 i 1977

A — temperatury maksymalne i minimalne, B — opad — powyżej linii deszczowy, poniżej linii śniegu

godnych zim przy płytko przemarzniętej glebie i kilkakrotnym powolnym tajaniu pokrywy śnieżnej.

Dwie wspomniane możliwości, może nie tak skrajne, prezentują analizowane zimowo-wiosenne sezony badawcze 1975/76 i 1976/77, mimo iż ogólne charakterystyki pogodowe były podobne (tab. 2).

Tabela 2

1975/76	— 66 dni z temperaturą ujemną przez całą dobę, — 54 dni z temperaturą dodatnią przez całą dobę,
grudzień	— 144,2 mm opadu (92,2 mm opad śniegu),
styczeń	— 9 cm średnia miąższość pokrywy śnieżnej,
luty	— 64% przypadków wiatrów o sile większej niż 4 m/s,
marzec	— 74 dni z przerwami występująca pokrywa śnieżna: 8.12 - 12.1, 12.1 - 19.1, 23.1 - 23.2, 2.3 - 11.3
1976/77	— 46 dni z temperaturą ujemną przez całą dobę, — 75 dni z temperaturą dodatnią przez całą dobę,
grudzień	— 154,8 mm opadu (96,1 mm opad śnieżny),
styczeń	— 9 cm średnia miąższość pokrywy śnieżnej,
luty	— 76% przypadków wiatrów o sile większej niż 4 m/s,
marzec	— 53 dni z przerwami występująca pokrywa śnieżna: 19.12 - 28.1, 30.1 - 12.2

Jedynie zasadnicze różnice występują w liczbie dni zalegania pokrywy śnieżnej — 1975/76 trwała 74 dni, 1976/77 tylko 53 dni oraz wielokrotności jej zaniku. W pierwszym sezonie pokrywa zanikała czterokrotnie, a w drugim tylko dwukrotnie.

Efekty morfologiczne w wyniku degradacji lub agradacji powierzchni gleb daje się zauważyć w momencie zaniku pokrywy śnieżnej. Tempo oraz rozkład zaniku są zróżnicowane, a wpływ na jego przebieg mają:

- rozkład miąższości pokrywy śnieżnej w wyniku opadu w zależności od konfiguracji powierzchni,
- zmodyfikowanie miąższości przez działalność wiatru,
- różnice w bilansie radiacji słonecznej w zależności od ekspozycji,
- ilość osadów niweoeolicznych na powierzchni śniegu,
- wysokość bruzd z zaorania,
- opad deszczowy w okresie szybkiego zaniku pokrywy śnieżnej.

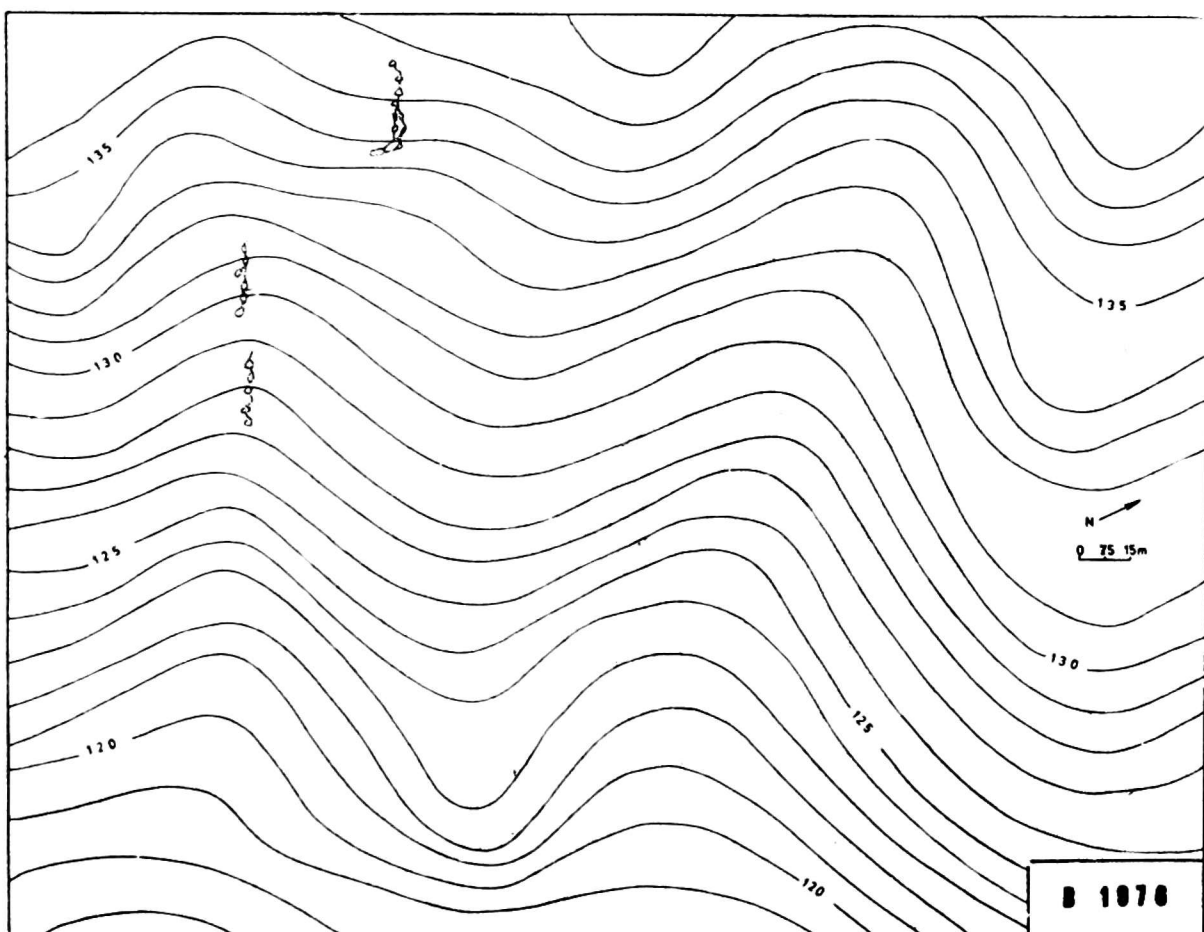
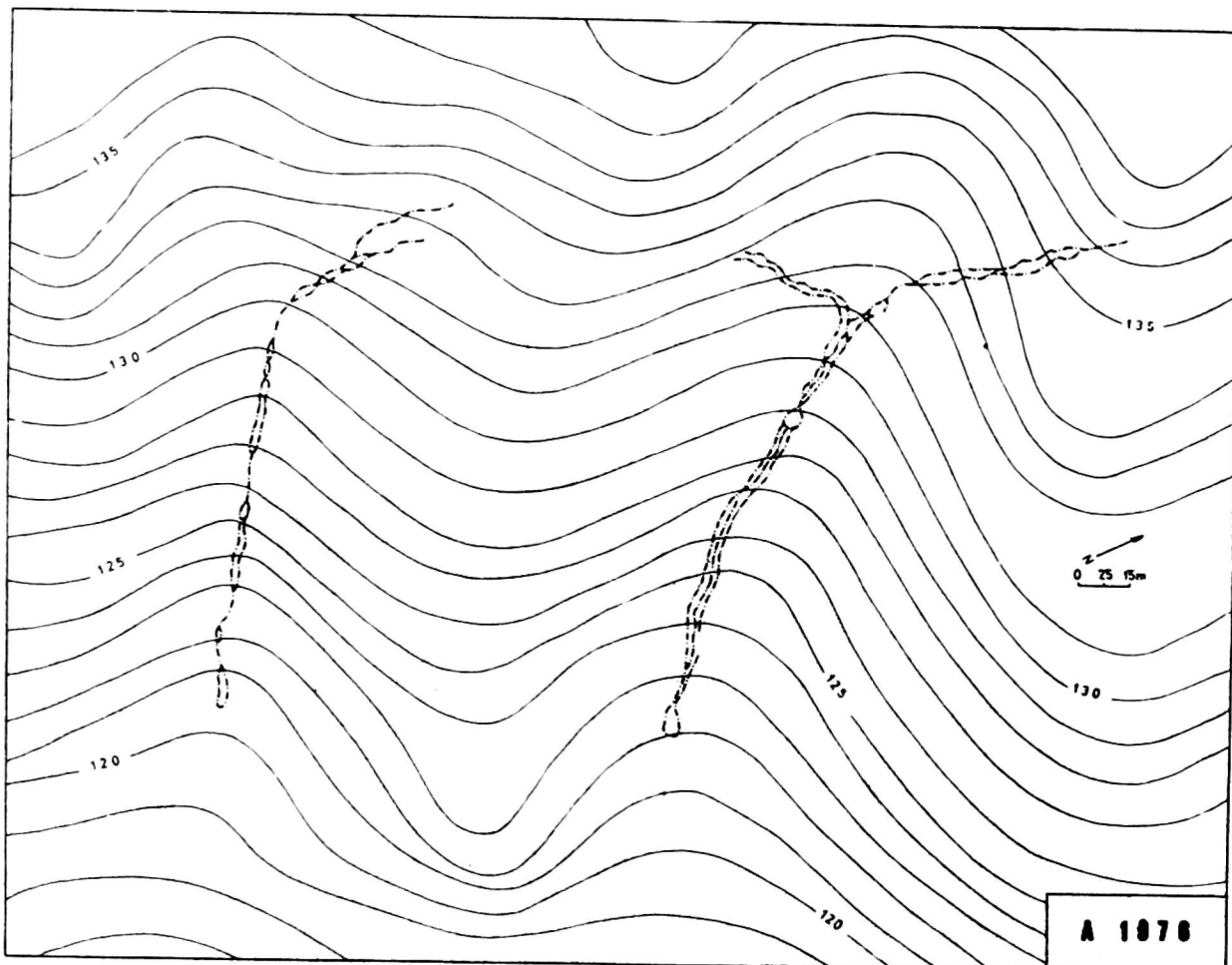
Śnieg najwcześniej zanikał na stokach o ekspozycji SSW, następnie z den obu niecek denudacyjnych, a najpóźniej ze stoków o ekspozycji NNE (rys. 7). Różnica w zaniku ze stoków o wspomnianych ekspozycjach wynosiła 3 - 4 dni. Aktywność procesów erozji bruzdowej dała się zaobserwować w okresie tajania w godzinach porannych, pomiędzy 9⁰⁰ a 10⁰⁰. W wyniku wzrostu temperatury następowało dość szybkie rozmarzanie warstwy glebowej. System bruzd erozyjnych i stożków deluwialnych obejmował przede wszystkim dna obu niecek. Tutaj duża ilość spływających

wód roztopowych powodowała przesylenie glebowej warstwy i działała termicznie na przemarznąjącą glebę. Przy inwentaryzacji form spłukiwania bruzdowego wykonywano pomiary szerokości i głębokości bruzd obliczając ich pojemność oraz miąższość stożków deluwialnych, określając kubaturę zdeponowanego materiału. Powtarzalność pomiarów pozwoliła ocenić zmienność czasową i rozwój omawianych mikroform w ujęciu dynamicznym (rys. 9 i 10).

Wyraźną sieć bruzd i stożków w sezonie 1975/76 zaobserwowano w niecce A od 27 lutego, którą skartowano w dniu 2 marca. System składa się z dwóch odcinków mikroform o długości 20 m i 20 m i łącznej pojemności bruzd $0,176 \text{ m}^3$ (335 kg — stosując przelicznik $1,9 \text{ g/cm}^3$). Kubatura stożków natomiast wynosiła $0,131 \text{ m}^3$ (149 kg). Następny pomiar, wykonany 20 marca, już rozbudowanego systemu, wykazał znaczne różnice. Łączna długość sieci i stożków wyniosła 63 m przy pojemności bruzd $0,988 \text{ m}^3$ (1878 kg) i kubaturze stożków $0,167 \text{ m}^3$ (317 kg). Poza tym utworzył się następny system, w wyższej części niecki A o długości 19 m, a pojemności bruzd $0,211 \text{ m}^3$ (401 kg) i kubaturze stożków $0,196 \text{ m}^3$ (372 kg). Wyższy system utworzony został na powierzchni o nachyleniu $2,1^\circ - 2^\circ - 1,9^\circ$, drugi niższy natomiast na powierzchni o nachyleniu $2,9^\circ - 3^\circ - 4,5^\circ - 5^\circ$. Zatem o wcześniejszym powstaniu mikroform zdecydowała wartość nachylenia powierzchni oraz litologia. Tutaj występuje dość szeroka wychodnia ilów plioceńskich (rys. 1). Ciekawy jest również problem stosunku ilości materiału wyerodowanego z bruzd do jego masy złożonej w stożkach deluwialnych. W systemie wyższym, położonym na powierzchni zbudowanej z gliny piaszczystej, stosunek ten wynosi 1,07 natomiast w systemie niższym, utworzonym na ile plioceńskim, wynosi 5,9. Powtarzalność pomiarów wykazała również wyraźny rozwój form spływu bruzdowego. W pierwszym pomiarze z dnia 2 marca szerokość bruzd osiągnęła wartość 10 - 3 cm, głębokość 10 - 4 cm, a średnią miąższość osadów budujących stożki — 3 cm. Wartości z pomiaru z dnia 20 marca są większe i wynoszą — szerokość 30 - 10 cm, głębokość 12 - 7 cm i średnia miąższość osadów stożków osiągnęła 3 cm. W sezonie zimowo-wiosennym 1975/76 nie zaobserwowano mikroform w niecce B (rys. 9 B).

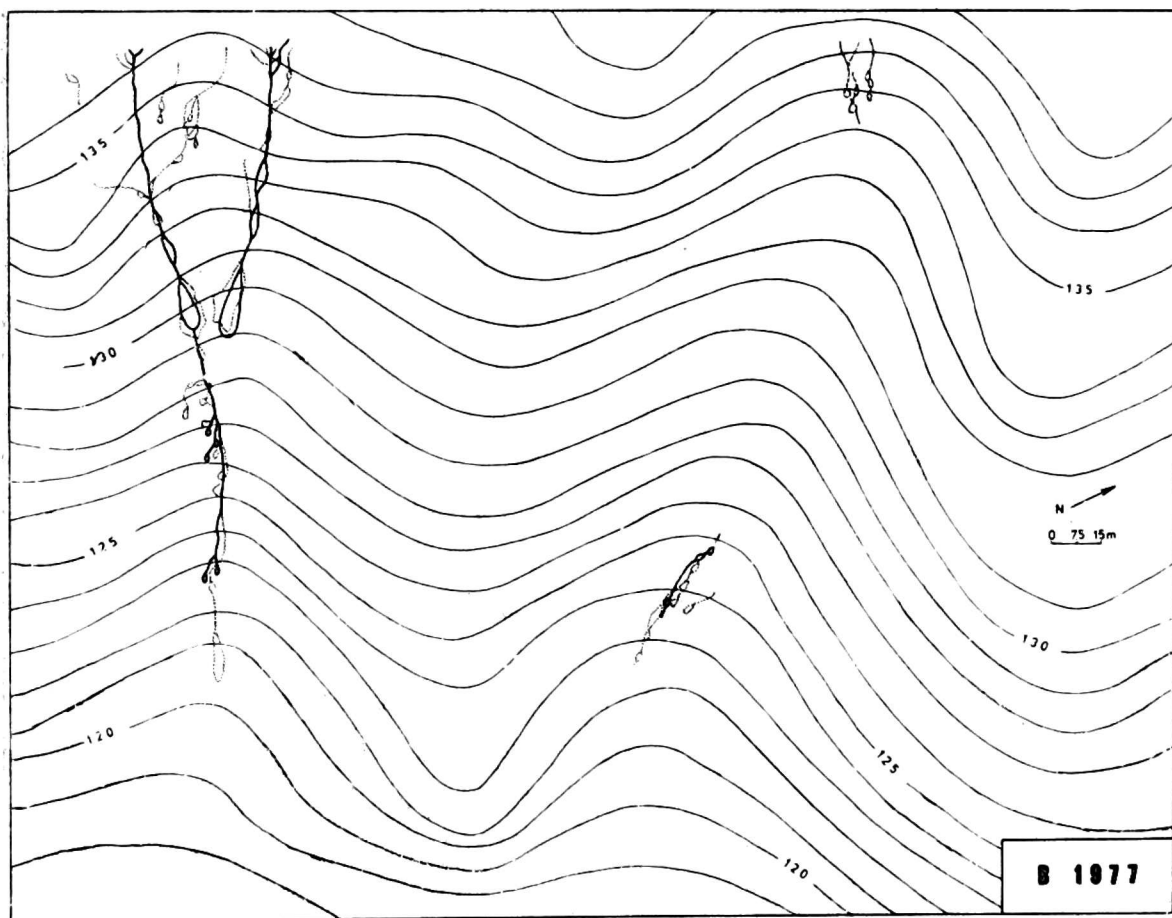
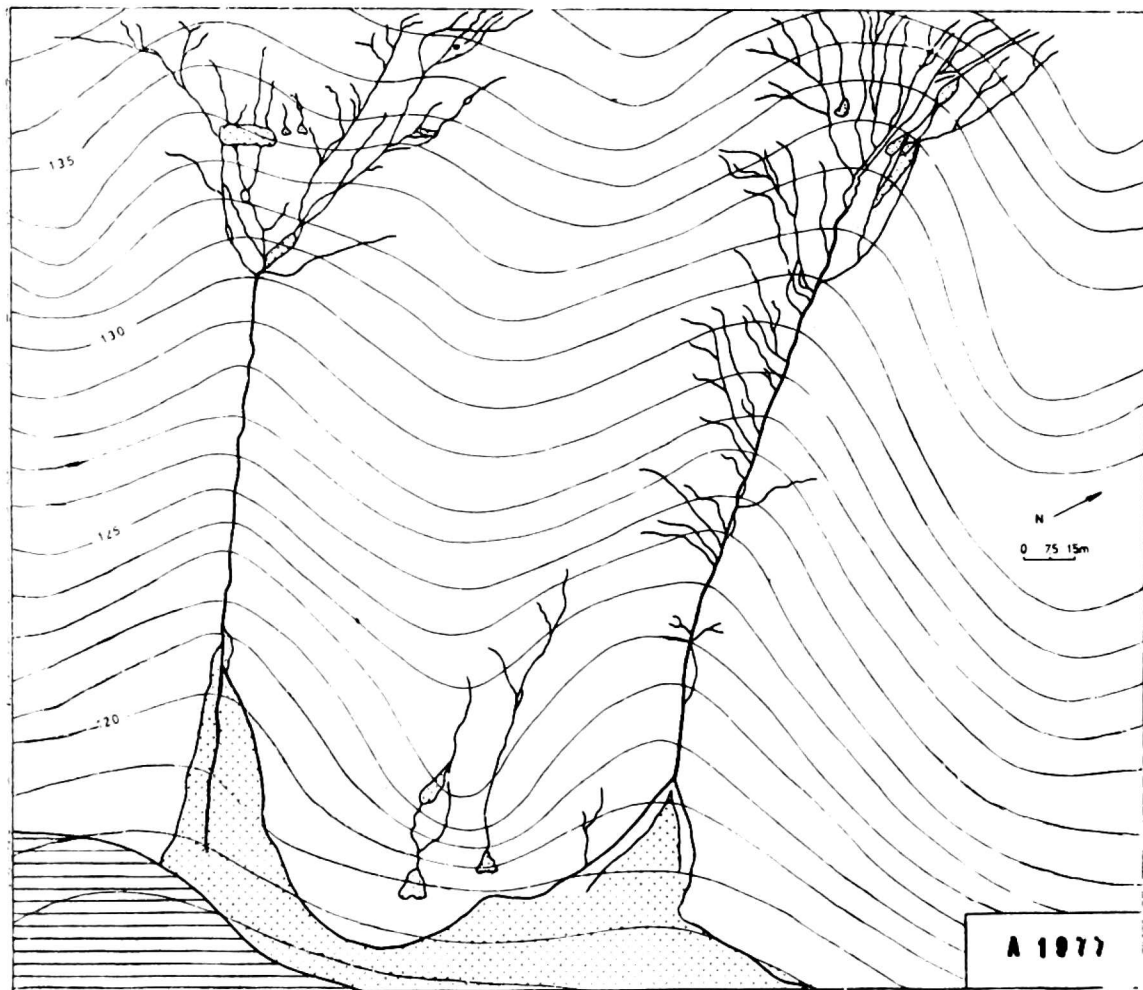
Określając wielkość denudacji w omawianym sezonie wzięto za podstawę pomiar z 20 marca 1976 roku. Pojemność bruzd całego systemu, określająca wielkość masy wyerodowanej gleby, wyniosła $1,23 \text{ m}^3$, co daje wartość ciężaru 2,3 t. Wielkość złożonego materiału w stożkach deluwialnych kształtowała się natomiast w wartościach $0,37 \text{ m}^3$ i ciężarze 0,7 t.

Przytoczone powyżej wielkości dają obraz jednej z form denudacji jaką jest spłukiwanie bruzdowe. Zmiany degradacyjno-agradacyjne zachodzą również na powierzchni w wyniku spłukiwania rozproszonego, które nie daje efektów morfologicznych w postaci mikroform. Dla zare-



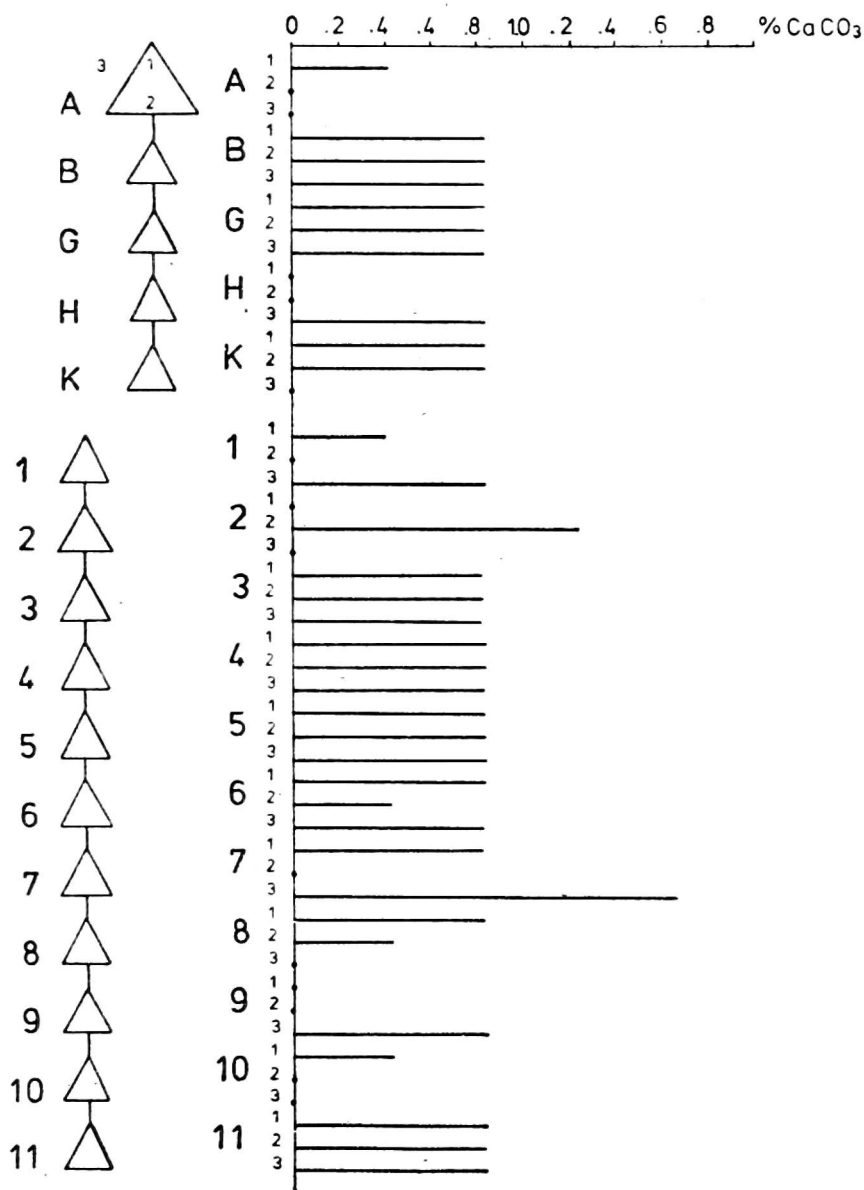
Rys. 9. System bruzd i stożków

A 1976 — okres letnio-jesienny, B 1976 — okres zimowo-wiosenny



Rys. 10. System bruzd i stożków

A 1977 — okres letnio-jesienny, B 1977 — okres zimowo-wiosenny



Rys. 11. Zawartość CaCO₃ w stożkach (okres wczesnej wiosny 1976)

1 — część proksymalna stożka, 2 — część dystalna stożka, 3 — gleba z otoczenia stożków

jestrowania tego procesu, na drodze pośredniej, zastosowano metodę palikową, omówioną już w części wstępnej.

W sezonie 1975/76 wbito paliki 16 marca. Pierwszego odczytu dokonano 20 marca, a więc po czterech dniach. Okazało się, iż ekstremalne różnice wartości były rzędu $-1,5$ cm do $+1,2$ cm. W okresie tym grunt był silnie przemarznięty, temperatury dobowe od $0,1$ do $-3,7^{\circ}$, a śnieg tworzył szatę (Cz. Radomski 1964). Maksymalne prędkości wiatru osiągały wartości od 5 do 10 m/s. W dniu niecki B w większości wypadków występowały wartości 0 jak również, choć w mniejszej ilości, w dniu niecki A, co wskazuje na minimalną aktywność morfologiczną. Jedynie na stoku NNE przeważały wartości dodatnie wskazujące na akumulację eoliczną.

Następnego pomiaru dokonano dnia 1 kwietnia, zamykając obserwacje za okres jedenastodniowy. W okresie tym zmieniły się wyraźnie warunki meteorologiczne. Temperatury panowały dodatnie — do 16° C przy bardzo małym opadzie śniegu i deszczu (maksymalny opad deszczu w dniu 26 marca — 4,8 mm). Ekstremalne zmiany przy palikach osiągnęły war-

tość — 3,5 cm i + 2,5 cm. Największe wartości degradacji powierzchni wystąpiły na stokach o ekspozycji NNE i NE w wyniku dłuższego zalegania płatów śniegu.

O wiele większe wartości denudacji gleb w okresie zimowowiosennym zanotowano w roku 1976/77. Wartości te są wypadkową przede wszystkim różnic meteorologicznych, tj. wyższych temperatur, większej ilości opadów — szczególnie deszczowych i dwukrotnego szybkiego zaniku pokrywy śnieżnej (tabela 2). Temperatury dobowe ujemne notowano od połowy grudnia do pierwszych dni lutego. Sporadycznie wartości ujemne występowały w połowie i pod koniec lutego.

Pierwszego pomiaru mikroform dokonano 10 lutego. W dniu tym funkcjonowały już cztery systemy, po dwa w niecce *A* i *B*. W niecce *A*, w przybliżeniu, długość systemu mikroform wynosiła 289 m, gdy tymczasem w niecce *B* tylko 45 m. Drugi pomiar, dokonany w dniu 17 lutego wykazał większe rozbudowanie systemu bruzd i stożków i wyniósł dla niecki *A* — 566 m, a dla niecki *B* — 157 m długości.

Efektom większego rozbudowania systemu bruzd i stożków w sezonie 1976/77, w porównaniu z sezonem poprzednim, była masa erodowanej gleby, z bruzd niecki *A* zostało wyerodowane 7,4 m³ gleby o wadze 14 t, a w niecce *B* — 0,27 m³ o wadze 0,5 t. W stożkach natomiast zakumulowany został materiał w niecce *A* o kubaturze 0,44 m³ i wadze 0,8 tony, a w niecce *B* o kubaturze 0,2 m³ i wadze 0,4 t (tabela 4). W sezonie tym zaznacza się dwukrotnie wyższy stosunek ilości materiału glebowego wyerodowanego z bruzd do jego masy złożonej w stożkach i wynosi dla niecki *A* — 16,8 (w sezonie 1975/76 — 5,9) oraz dla niecki *B* tylko 1,3.

Warunki meteorologiczne w sezonie 1976/77 spowodowały, że również i w niecce *B* powstały systemy mikroform w odróżnieniu od sezonu poprzedniego. Na przestrzeni dwuletnich obserwacji bezwarunkowo aktywniejsza morfologicznie była niecka *A*. Spowodowane to zostało przede wszystkim różnicami litologicznymi w postaci szerokiej wychodni ilów plioceńskich. Osad ten w okresie roztopów przesycony zostaje wodą, przez co uplastycznia się, a przy wysychaniu powierzchnia jego pęka, tworząc systemy inicjalnych szczelin. One to, w wielu wypadkach, inicjują procesy erozji bruzdowej przy ponownym wzroście ilości wód.

OKRES LETNIO-JESIENNY

Na obszarach zachodnich niżu polskiego, w strefie klimatu umiarkowanego wilgotnego, kulminacja opadów przypada na okres letni, tj. czerwiec, lipiec i sierpień z wielokrotnych obserwacji. Wielu autorów zajmujących się omawianą problematyką, okres ten uważa za najefektywniejszy jeśli chodzi o wielkość denudacji gleb. Lecz nie tylko ilość opadów decyduje o wielkości zjawiska, ale przede wszystkim jego rozkład i nasilenie.

W okresie badań, których rezultaty przedstawia niniejsza praca, warunki meteorologiczne oraz czas uprawy kukurydzy zdecydowały o tym, iż do wydzielonego okresu letnio-jesiennego włączono następujące miesiące: maj, czerwiec, lipiec, sierpień i wrzesień, tzn. okres od zasiania kukurydzy do jej zbioru. Przedstawione poprzednio różnice warunków meteorologicznych w okresach zimowo-wiosennych, może z jeszcze większym nasileniem wystąpiły w okresach letnio-jesiennych (tab. 3).

Tabela 3

1976	— 59 dni z opadem deszczowym,
maj	— 53 dni z opadem deszczowym od 0,0 do 10 mm,
czerwiec	
lipiec	— 6 dni z opadem deszczowym powyżej 10 mm,
sierpień	— 2 dni z opadem nawalnym (23,7 - 29,1 mm, 29,9 - 25,6 mm),
wrzesień	— 235 mm opadu za okres
1977	— 59 dni z opadem deszczowym,
maj	— 45 dni z opadem deszczowym od 0,0 do 10 mm,
czerwiec	
lipiec	— 14 dni z opadem deszczowym powyżej 10 mm,
sierpień	— 5 dni z opadem nawalnym (20,5 - 55,8 mm, 21,5 - 21,2 mm, 15,6 - 20,6 mm, 25,7 - 26,9 mm, 20,8 - 20,5 mm),
wrzesień	— 405,2 mm opadu za okres.

Zasadnicze różnice jakie wystąpiły pomiędzy podanymi latami to przede wszystkim liczba dni z opadem powyżej 10 mm, liczba dni z opadem nawalnym i sumą opadów. W obu okresach letnio-jesiennych zastosowano następujące metody badań polowych jak: metodę inwentaryzacji form spływu bruzdowego, chwytaaczy, palikową oraz metodę ziarna znaczonego. W związku z silnym rozbudowaniem systemów bruzd i stożków w omawianym okresie, z przyczyn technicznych — czasochłonne pomiary terenowe, nie wykonano podwójnych pomiarów.

W roku 1976 dokonano pomiarów w dniach 16 - 20 sierpnia, po kulminacji opadu letniego, który wystąpił w drugiej połowie lipca. System mikroform w niecce A osiągnął długość około 195 m, natomiast w niecce B około 250 m (rys. 9 A). Wartość pojemności bruzd, spowodowana wyniesieniem materiału glebowego, w niecce A wynosiła $0,55 \text{ m}^3$ — 1,05 t, gdy tymczasem w niecce B $0,78 \text{ m}^3$ — 1,47 t. Kubatura osadów budujących stożki deluwialne dla niecki A określona została wartością $0,28 \text{ m}^3$ — 0,53 t, a dla stożków występujących w niecce B — $0,34 \text{ m}^3$ — 0,66 t (tab. 4). Szerokość bruzd osiągnęła wartości od kilku do kilkudziesięciu cm przy maksymalnej głębokości 35 cm. Stosunek ilości materiału glebowego wyerodowanego z bruzd do jego masy złożonej w stożkach w niecce A wynosi 1,98, a w niecce B — 2,2.

W sezonie letnio-jesiennym 1977 roku, w związku z kulminacją opa-

dów w maju, kiedy to w dniach 20 i 21 spadło 77,2 mm opadu, przeprowadzono inwentaryzację olbrzymiego systemu bruzd i stożków od końca maja do końca czerwca. Długość systemu mikroform w niecce A wynosiła w przybliżeniu 1 110 m, a niecce B — 1 920 m (rys. 6, 10 A). Również powstał nowy system, a mianowicie na zboczu ostrogi denudacyjnej, którego długość wynosiła około 200 m. Łączna zatem długość na omawianej powierzchni wyniosła 3230 m, co stanowi 359 m/1 ha (w sezonie letnio-jesiennym 1976 roku tylko 49 m/ha). Długość systemu mikroform zwiększyła się siedmiokrotnie.

Olbrzymi system bruzd w części czołowej i środkowej niecek spowodował, iż u ich wylotów oraz na prawie płaskiej powierzchni przedpola powstał rozległy stożek deluwialny, a przy jego dystalnej części zastoisko wodne, które istniało od końca maja do końca sierpnia. Pojemność bruzd w niecce A osiągnęła wartość $62,35 \text{ m}^3$ — 118,5 t, natomiast w niecce B wartości kształtowały się następująco — $68,25 \text{ m}^3$ — 129,7 t. Łączna masa wyerodowanej gleby z bruzd osiągnęła wartość $130,6 \text{ m}^3$ — 248,2 t. W stożkach i pokrywach deluwialnych zostały złożone osady w niecce A o wartości $6,34 \text{ m}^3$ — 12,1 t, a w niecce B — $5,05 \text{ m}^3$ — 9,6 t, co daje łączną wartość $11,39 \text{ m}^3$ — 21,7 t. Większość materiału glebowego została jednak złożona u podstawy i wylotów niecek w postaci rozległego stożka, którego masa została określona wartością $87,37 \text{ m}^3$ — 166 t. Łączna masa osadzonej gleby w stożkach wyniosła zatem $98,76 \text{ m}^3$ — 187,7 t. Stosunek ilości materiału wyerodowanego z bruzd do jego masy zdeponowanej w stożkach wyniósł 1,3.

Na olbrzymią wartość denudacji w omawianym okresie wpłynęła przede wszystkim ilość i natężenie opadów, ale również trzeba brać pod uwagę brak pokrywy roślinnej. Siewu kukurydzy bowiem dokonano na początku maja, a wysokość jej siewek w okresie nawalnego deszczu wynosiła 3 - 8 cm.

Układ bruzd w odcinkach początkowych zachowywał mniej więcej kierunek rzędów sianej kukurydzy, lecz ze wzrostem ilości spływających wód w częściach środkowych i dolnych niecek, przyjmuje kierunek zgodny z nachyleniem powierzchni. Większą wartość masy wyerodowanej gleby z niecki B można wytłumaczyć, tak jak i w roku poprzednim, przede wszystkim różnicą litologiczną, tzn. większą powierzchnią występowania gliny piaszczystej i piasków.

Inną metodą zastosowaną podczas badań nad wielkością denudacji gleb, była metoda chwytaczy. Celem jej było uchwycenie wielkości masy glebowej przemieszczającej się w wyniku splukiwania rozproszonego. Metoda była jednak zawodna, przy dużych opadach, kiedy to w osiach niecek powstały bruzdy, a woda płynąca nimi podmywała bądź przemieszczała chwytacze. W związku z tym materiał przechwycony przez chwytacze stanowił również efekt spływu bruzdowego. Poza tym duża ilość wód powodowała gwałtowne unoszenie gleby, a pojemność chwytacza

czy nie była wystarczająca. Masa gleby zatem, przechwycona przez chwytacze, stanowiła wartość minimalną.

W 1976 roku łączna masa gleby zdeponowana w chwytaczach, w okresie lipca, sierpnia i września wynosiła 11,06 kg, z czego na nieckę A przypadało 5,15 kg, a na nieckę B — 5,91 kg.

miesiąc	niecka A [kg]	niecka B [kg]
lipiec	0,16	0,24
sierpień	3,96	2,86
wrzesień	1,03	2,81

Miesiące objęły okres od wysiewu do zbioru kukurydzy. Najwyższe wartości wagowe w niecce A przechwycił chwytacz A_3 — 835 g oraz chwytacz A_4 — 785 g, natomiast w niecce B — chwytacz B_5 — 786 g i B_6 — 675 g. Wymienione chwytacze zlokalizowane zostały u podstawy załamania profilu podłużnego w obu nieckach (rys. 1).

Analiza składu mechanicznego osadów zdeponowanych w chwytaczach wykazała dominację następujących frakcji — 0,5 mm - 0,2 mm — 30% — 45%, 0,15 - 0,075 — do 30% oraz 0,2 - 0,15 do 15%. Niski był udział frakcji grubszej od 1,2 do 1,02 mm — do 6%.

W 1977 roku natomiast, chwytacze zainstalowane były w maju, czerwcu, lipcu i sierpniu, tj. w okresie od siewu do zbioru kukurydzy oraz w listopadzie, po orce jesiennej. W okresie maj—sierpień łączna wartość zdeponowanej gleby w chwytaczach wynosiła 99,6 kg, z czego na nieckę A wypadało 40,8 kg, a na nieckę B — 58,8 kg.

miesiąc	niecka A [kg]	niecka B [kg]
maj	18,77	17,26
czerwiec	2,76	8,45
lipiec	13,04	18,73
sierpień	6,21	14,40
listopad	0,23	0,33

Najefektywniejszym miesiącem, jeśli chodzi o wielkość denudacji, był maj. Chwytacze przechwyciły największe miesięczne ilości osadów i tak w chwytaczu A_1 osadziło się 7,21 kg gleby, w chwytaczu A_4 — 5,06 kg i w chwytaczu B_{10} — 5,84 kg. Obserwacje wykazały, iż więcej gleby osadziło się w chwytaczach, które przechwytywały materiał gliniasto-piaszczysty i piaszczysty niż ilasty. W ogólnej masie złożonej gleby w chwytaczach większą efektywność denudacyjną wykazała niecka B. Różnica ta wyniosła około 18 kg.

Jeśli chodzi o skład mechaniczny materiału glebowego z chwytaczy to dominowały frakcje jak w roku poprzednim. W pomiarze majowym

nastąpiła jedynie duża różnica we frakcji powyżej 1,2 mm i 1,2 - 1,02 mm osiągając wartości 6 - 10%. W skrajnym przypadku przy chwytaczu A_1 , ilości tej frakcji osiągnęły wartość około 50%, wskazując na selekcję frakcyjną spowodowaną sływem dużej ilości wód u wylotu niecki. Powyższe fakty wskazują, że metoda chwytaczy obciążona jest dużym błędem, a wzrasta on wprost proporcjonalnie do wielkości opadów.

Tendencje zmian degradacyjno-egradacyjnych całej powierzchni użytkowanej rolniczo, w omawianym okresie, przedstawia nam następująca zastosowana metoda palikowa. W 1976 roku wykonano 7 pomiarów od 14 czerwca do 18 września obejmując okres 97 dni. Pierwsze pomiary z 26 czerwca i 10 lipca wykazują niewielkie zmiany pionowe, wahające się od +0,8 cm do -0,6 cm. Dominują wartości 0 wskazujące na brak zmian. W partiach źródłiskowych niecek obserwowano tendencje do niewielkiej degradacji, a w częściach wylotowych tendencje do agradacji. W okresie tym zachodziły dość wysokie temperatury oraz brak było opadów. Pomiar z 24 lipca, po okresie znacznych opadów (przez 9 dni spadło 66,5 mm, w tym opad nawalny), wykazuje już dość istotne różnice przy wartościach ekstremalnych -4 cm i +1 cm. Znaczna degradacja zaznaczyła się w części źródłiskowej niecki A — -3 cm i -4 cm oraz w niecce B. Agradacja natomiast wystąpiła w osi niecki B, przy lokalnych załamaniach profilu podłużnego oraz w częściach wylotowych niecek. Pomiar z 7 sierpnia, po okresie dalszych opadów, wykazał degradację o wartości -4 cm i wzrost agradacji do +3 cm. Mniej więcej ekstremalne wartości utrzymują się w ciągu dalszych pomiarów.

Analiza kartogramów z poszczególnych pomiarów wskazuje na znaczną labilność procesów pionowych w polach podstawowych. W pewnych okresach zaznaczyły się bowiem tendencje do degradacji, w innych okresach tendencje do agradacji (rys. 3). Zastosowany wskaźnik zmienności powierzchni (rys. 4) wskazuje większe wartości zmienności w niecce A i tak dla części źródłiskowych najwyższe wartości wahały się od 0,219 do 0,060, dla części środkowej od 0,093 do 0,057 i dla części wylotowej od 0,079 do 0,041. W niecce B natomiast najwyższe wartości kształtowały się odpowiednio — od 0,107 do 0,057, od 0,101 do 0,068 i od 0,096 do 0,052. Na grzbiecie ostrogi denudacyjnej wskaźniki są niewielkie, jedynie u jej podstawy osiągają wartości od 0,088 do 0,038. Z powyższych wartości wynika, iż największe zmienności pionowe powierzchni wykazywały części źródłiskowe niecek, następnie ich dna w odcinkach środkowych, a najmniejsze u ich wylotów.

W 1977 roku okres pomiarowy był dłuższy i obejmował 114 dni (pomiędzy 13 maja a 3 września). Pierwszego pomiaru dokonano 26 maja, tj. po największych opadach przypadających na maj na przestrzeni kilkudziesięciu lat. Największe wartości zmian pionowych przy palikach obserwowano w częściach źródłiskowych niecki A — -11 cm do -5,5 cm i niecki B — do -5 cm. W tych partiach niecek zaznaczyły się również

tendencje do agradacji i tak dla niecki *A* wynosiły do +2,5 cm, a w niecce *B* do +0,5 cm. Poza tym w niecce *B* wystąpiła również znaczna degradacja osiągając wartość -6 m w części środkowej i -11 cm w części wylotowej.

Następne pomiary dokonane 11 i 25 czerwca oraz 9 i 23 lipca, w okresie dalszych opadów, wykazały zwiększenie się ilości pól z tendencją do degradacji szczególnie w częściach źródliskowych obu niecek. Jedynie w części środkowej niecki *A* zaznaczyły się niewielkie tendencje agradacyjne. W częściach wylotowych obu niecek obserwowano tendencje degradacyjno-agradacyjne. Tendencje te utrzymywały się mniej więcej przez następne pomiary dokonane w dniach 6 i 20 sierpnia i 3 września. W przekroju całego sezonu w niecce *B* zaznaczyły się w większym stopniu zmiany degradacyjne.

Ogólnie można stwierdzić, iż w okresie letnio-jesiennym 1977 roku 46% pól podstawowych wykazało tendencje do degradacji, 26% do agradacji i 25% zachowało stabilność pionową powierzchni uprawnej. Obfite deszcze, szczególnie w przypadku kiedy palik znalazł się na linii spływu brzdowego, spowodowały zniszczenie niektórych palików (3%).

W trakcie analizy kartogramów wskaźnika zmienności powierzchni dla omawianego okresu dają się zauważyć duże wartości w stosunku do roku poprzedniego, szczególnie w częściach źródliskowych niecek. Maksymalne wartości dla niecki *A* wynoszą od 0,788 do 0,350 i dla niecki *B* od 0,597 do 0,381. W obu przypadkach wartości te odnoszą się do obszarów o podłożu piaszczystym. Poza tym duże wartości wystąpiły na zboczu *N* ostrogi denudacyjnej osiągając od 0,778 do 0,491 i na skłonie *S* ostrogi — 0,258. Niższe wartości obserwowano również w części środkowej niecki *B* — od 0,280 do 0,225.

Założeniem metody palikowej było określenie wielkości zmian pionowych powierzchni, biorąc pod uwagę sieć pól podstawowych, których środek stanowił palik. Okazało się jednak, iż tylko w nielicznych przypadkach przy palikach, które znalazły się w osi spływu brzdowego, wartości były znaczne, dochodzące do -11 cm. Zatem wspomniane wartości określały nam wielkość spływu brzdowego, a nie powierzchniowego.

Do określenia tempa oraz ilości przemieszczanej gleby po nachylonej powierzchni, w różnych sytuacjach topograficznych, zastosowano metodę ziarna znaczonego. Wysypano go na sześciu testowych pasach (rys. 1) w dniu 16 czerwca 1976 roku i dokonano siedmiu pomiarów. Sześć pierwszych pomiarów wykonano w okresie wzrostu kukurydzy, a pomiar ostatni po jej skoszeniu. Diagramy określające prędkość i liczbę przemieszczanych ziarn luminoforowych, w okresie 115 dni, przedstawia rys. 5.

Poboru prób od pasów wysypania dokonywano w odstępach 0,5 i 1 m. W pierwszym pomiarze maksymalnie do 2,5 m, w drugim do 4 m, w trzecim do 6 m, w czwartym do 8 m, w piątym do 10 m, w szóstym do

12,5 m i w siódmym do 16 m. W pierwszych trzech pomiarach w częściach źródłiskowych (A_1 i B_1) więcej ziarna przemieściło się w niecce A, a w czterech pozostałych w niecce B. Najwięcej ziarna w maksymalnych odległościach przypadają na pasy B_3 (trzy razy) i B_2 (trzy razy) oraz B_1 (jeden raz), natomiast najmniej na pasach A_1 (trzy razy), A_2 (dwa razy) oraz A_3 i B_1 (jeden raz). Gdy weźmiemy z kolei maksymalną liczbę ziarn przemieszczonych od pasów wysypania na odległość jednego metra, to okazało się, iż najczęściej ich obserwowano na stokach N i S ostrogi denudacyjnej (A_2 i B_2). Większą aktywność w liczbie i tempie przemieszczania ziarna wykazał materiał znaczony w niecce B.

Biorąc pod uwagę przebieg wszystkich krzywych na wykresach określających liczbę ziarna znaczonego oraz odległość od pasa wysypania, to dwa pomiary — szósty i siódmy, odbiegają od pozostałych. Szósty pomiar dokonany został przed zbiorem kukurydzy, a siódmy po zbiorze. Analizując rozkład opadów w całym okresie pomiarowym okazuje się, że nie on jest elementem decydującym o ilości przemieszczonego materiału znaczonego. Sądzić należy, że istotnym czynnikiem jest również czas, przy zastrzeżeniu, iż wniosek oparty został na jednorocznej obserwacji.

PRÓBA OCENY WIELKOŚCI I TEMPA WSPÓLCZESNEJ DENUDACJI POWIERZCHNI UŻYTKOWANEJ ROLNICZO

Według przedstawionego materiału obserwacyjnego z lat 1976 i 1977 można stwierdzić, iż na obszarach niżowych, na powierzchni produkcyjnej o niewielkim nachyleniu, procesy denudacyjne gleb muszą być dostrzegane jako jeden z czynników rozwoju i przeobrażenia rzeźby. Niezależnie czynniki naturalne jak kształt stoku, nachylenie, litologia lub antropogeniczne — typ uprawy, kierunek orki i bronowania wpływają na wielkość denudacji, to w obliczu przytoczonych faktów czynnikiem determinującym jej wielkość, są warunki meteorologiczne. Zróżnicowany zanik pokrywy śnieżnej, warunki termiczne gleby, ilość i natężenie opadów wpływają w istotny sposób na efekty współczesnej denudacji gleb.

Wielkość procesów oraz ich jakość, na przestrzeni roku, była podstawą do wydzielenia dwóch zasadniczych okresów, tj. okresu zimowo-wiosennego i letnio-jesiennego. Pierwszy z nich obejmuje okres od orki jesiennej do bronowania wiosennego, okres letnio-jesienno natomiast od siewu do zbioru uprawianej rośliny i orki jesiennej. Zatem jedną z podstaw wydzielenia okresów były zabiegi agrotechniczne przyczyniające się do rozpułchnienia gleby lub okres rozwoju roślin uprawnych, konsolidujący w znacznym stopniu warstwę glebową.

W okresie zimowo-wiosennym, w wyniku zaniku pokrywy śnieżnej, powstały systemy bruzd i stożków deluwialnych. Podatniejsze na erozję, w pierwszym okresie działania wód roztopowych, były obszary wychod-

ni iłów plioceńskich, a następnie glin spiaszczonych i piasków. Ilość wód oraz ich częstotliwość spowodowane były wielokrotnością zaniku pokrywy śnieżnej. Jeśli chodzi o sezony letnio-jesienne 1976 i 1977, mocno różnicowane warunkami meteorologicznymi, to efektywniejszym był sezon 1977 roku.

W 1976 roku w wyniku splukiwania bruzdowego wyerodowana została gleba o objętości 2,56 m³. Kubatura stożków deluwialnych w okresie tym została określona wartością 0,99 m³. Różnica zatem wyniosła 1,57 m³, co stanowi w przybliżeniu obniżenie badanej powierzchni 9 ha o 0,017 cm. W 1977 roku objętość gleby wyniesionej systemem bruzd wyniosła 138,27 m³ przy kubaturze stożków w obrębie obu niecek 12,03 m³.

Tabela 4

Rok	Sezon	Bruzdy		Stożki		Średnie obniżenie powierzchni	
		pojemność [m ³]	ciężar [t]	kubatura [m ³]	ciężar [t]	sezon [cm]	rok [cm]
1976	zimowo-wiosenny	1,23	2,3	0,37	0,7	0,009	0,017
	letnio-jesienny	1,33	2,5	0,62	1,2	0,008	
1977	zimowo-wiosenny	7,67	14,6	0,64	1,2	0,080	1,050
	letnio-jesienny	130,60	248,2	11,39 87,37	21,7 166,0	0,970	

Większa część materiału glebowego w okresie letnio-jesiennym utworzyła rozległy stożek u wylotów obu niecek, u podstawy zbocza, o kubaturze 87,37 m³. Właśnie wspomnianą objętość należy uznać za efekt denudacji powierzchni, która została obniżona o 1,05 cm. Przytoczone powyżej wartości przedstawia tabela 4. Są to wartości średnie odnoszące się do całej analizowanej powierzchni. Zaznaczyć jednak należy, na podstawie obserwacji terenowych, że najintensywniejszej denudacji podlegały partie źródłiskowe obu niecek denudacyjnych oraz zbocza rozdzielającej je ostrogi.

W zapiskach historycznych (St. Kozierowski 1916) informacje o wsi Morasko, pola jej bowiem obejmują badany obszar, pochodzą z roku 1580. Biorąc pod uwagę wspomnianą datę można przypuszczać, że zapoczątkowano intensywniejsze wycinanie lasów w końcu XVI w. Również w pracy K. S. Hładyłowicza (1932) oraz S. Zajchowskiej (1953) wspomniany okres uważa się za okres rozwoju folwarków i poszerzania areału uprawnego. Zatem w okresie czterech stuleci, przy średniej rocznej wartości obniżenia powierzchni o 0,53 cm, obliczonej z lat 1976 i 1977, można określić w przybliżeniu wielkość denudacji na około 2,10 m.

Mając na uwadze niewielkie nachylenie powierzchni uprawnej podle-

gającej intensywnej gospodarce rolnej należy w obliczu przytoczonych faktów mówić o dość dużej współczesnej wydajności morfodynamicznej denudacji gleb.

Składam podziękowanie Dyrekcji Państwowych Gospodarstw Rolnych — Kombinat „Naramowice” za umożliwienie przeprowadzenia badań terenowych. Szczególne podziękowania kieruję do grupy magistrantów — Piotra Bittnera, Ewy Brukwickiej, Małgorzaty Ciszewskiej, Hanny Krużyńskiej, Małgorzaty Szostak i Jadwigi Twardowskiej, którzy w wydatnym stopniu pomagali w badaniach terenowych i laboratoryjnych.

*Instytut Badań Czwartorzędu
Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu*

LITERATURA

- Dylik J., 1954: Problematyka geomorfologiczna wobec potrzeb rolnictwa. (Sum.: Geomorphological problematic as related to agricultural needs). Przegląd Geograficzny, t. 26, z. 4.
- Gerlach T., 1966: Współczesny rozwój stoków w dorzeczu górnego Grajcarca. (Rés.: Développement actuel des versants dans le bassin du haut Grajcarek). Prace Geograficzne IG PAN, nr 52.
- Hładyłowicz K. J., 1932: Zmiany krajobrazu i rozwój osadnictwa w Wielkopolsce od XIV do XIX wieku. Lwów.
- Jahn A., 1968: Selektywna erozja gleb i jej znaczenie w badaniach geomorfologicznych. (Sum.: Selective soil erosion and its significance in geomorphological research). Przegląd Geograficzny, t. 40, z. 2.
- Karczewski A., 1977: Denudacja gleb na powierzchniach użytkowanych rolniczo — Górka Moraska k. Poznania. Przewodnik do trasy konferencji terenowej Zjazdu 40-lecia Pol. Tow. Gleb. i 125-lecia Pozn. Tow. Przyj. Nauk 14-17.09. 1977. Poznań.
- Kozierowski S., 1916: Badania nazw topograficznych dzisiejszej Archidiecezji Poznańskiej, t. I. A-O. PTPN — Poznań.
- Marsz A., 1967: O możliwości stosowania materiału znaczonego luminoforami do badania niektórych procesów sedymentologicznych i morfodynamicznych. Zesz. Nauk. Uniw. im. A. Mickiewicza — Geografia z. 7, Poznań.
- Molga M., 1966: Meteorologia rolnicza. PWRiL, Warszawa.
- Reniger A., 1950: Próba oceny nasilenia i zasięgów potencjalnej erozji gleb w Polsce. Roczn. Nauk Roln. t. 54.
- Zajchowska S., 1953: Rozwój sieci osadniczej okolic Poznania (XI-XX wiek). Studia Poznańskie. Przegląd Zachodni R. IX, t. II (nr 6-8).

SOIL DENUDATION ON CULTIVATED LAND SURFACE IN THE POLISH LOWLAND THE ENVIRONS OF POZNAŃ

Summary

From the study of fossil denudation on cultivated land surface within the Poland lowlands, the environs of Poznań, it can be inferred that the process of slope-wash operates on a large scale in certain topographic-lithological settings. The

latter include areas occupied by end moraines, large valley edges, pradolinas and lake basins. Slope-wash is undoubtedly most important under climatic conditions of Poland. This paper presents the results of observations of the years 1976 and 1977 carried out on the cultivated land surface of end morainic slopes. The surface area of about 9 ha contains two sloping denudational gullies separated by a spur. The average angle of slope ranges from 1.5 to 2.5°, the extreme values ranging between 0.5 and 9.0° and a difference in height being 21 m. Outcrops of glacio-tectonic structures in the form of sands, clayey sands, tills and Tertiary clays are exposed at the surface.

When the magnitude of slope-wash is determined, a number of techniques are involved, i.e. the picket technique, the collection boxes technique, the luminophore grain technique and the inventory of rillwash forms (rill capacity and cone volume). Measurement was also made of the disappearance of a snow cover.

The research results do not reflect fully the scale of processes that took place on the land surface under consideration because of breaks in observations due to numerous agricultural practices (plowing, harrowing, planting seeds, rooting and application of chemical compounds).

The picket technique involves using metal stakes 45 m long with a scale in centimetres. The pickets make up a network of squares. The resulting values of vertical degradational-aggradational variations provided a basis for constructing cartograms illustrating spatial variations in arable land surface (Fig. 4).

The collection boxes technique involved the use of improved Schmidt's collection boxes. However, it brought about great errors, especially during downpours. The collected soil material was weighed and its particlesize distribution was studied.

The luminophore grain technique was used for determining the velocity and amount of material carried at a known time unit. Grains included within the 0.5 - 0.75 mm fraction were scattered along six tested strips in different topographic settings (Fig. 1).

The inventory of rillwash forms included rillwash effects. Measurements were made of the capacity of erosional rills and the volume of deluvial cones. The conversion coefficient of 1.9 g per cu cm was used for determining the weight of the soil. The spatial distribution of microforms is presented in Figures 13 and 14.

Measurement of the disappearance of a snow cover — its rate and mode permitted determination of the rate of soil denudation in early spring. A network of pickets were fixed. They served as an aid in measuring the thickness of a snow layer. The resulting values provided a basis for constructing cartograms.

An attempt at determining the mechanism for, and spatial variations in, denudational processes against meteorological conditions is based on the applied field techniques, the results of which illustrated the scale and direction of soil transport, and on the results of laboratory investigations. The year 1976 was cooler and drier as opposed to the year 1977 that was warmer and more humid.

Two major periods differing in the quality and scale of denudational processes have been recognized, i.e. a winter-spring period and a summer-autumn one. The former is a period between autumnal plowing and spring harrowing, while the latter lasts from the time of planting seeds till the time of crop harvesting and autumnal plowing; maize was grown in both years.

Systems of rills and deluvial cones formed due to the disappearance of a snow cover during winter-spring months. Outcrops of Pliocene clays and next, of sand-rich tills and sands were more susceptible to erosion during the first period of meltwater action. The amount of water and its frequency occurrence were affected

by repeated disappearance of the snow cover. If account is taken of summer-autumn months with markedly varying meteorological conditions, that of the year 1977 was more striking. Besides, the gully where a larger area was occupied by sands and sand-rich tills was liable to denudation on a larger scale.

In 1976 the volume of the soil on the order of 2.56 cu m became eroded by rillwash; thus the surface was lowered by approximately 0.017 cm.

In 1977 the volume of the denuded soil was 99.4 cu m (the volume of cones), which resulted in the total lowering of the surface by 1.05 cm.

Mention must also be made of the fact that the frontal portions of both gullies and slopes of the intervening spur were liable to most intense denudation.

Historical records concerning the study area provide information on intensive woodland clearance that took place there at the close of the 16th century in order that arable land might be extended. Thus, the scale of denudation approximated 2.1 m during a period of four hundred years, the surface being lowered by about 0.53 cm.

*Quaternary Research Institute
Adam Mickiewicz University Poznań*

LIST OF FIGURES

Fig. 1. The study area.

1: denudational gullies A and B, 2: locations of collection boxes, 3: strips of scattered luminophore grains, 4: morphometric profiles, 5: Tertiary clay, 6: glaciofluvial sands, 7: tills and clayey sands.

Fig. 2. Hypsometric profiles.

Fig. 3. Cartograms showing:

1: liability to degradation, 2: liability to aggradation, 3: no liability, 4: lack of complete data.

Fig. 4. Indices of vertical variations in arable land.

A: winter-spring period, March 20th-April 1st, 1976 — measurement of April 1st, 1976,

B: summer-autumn period, June 20th-September 18th, 1976 — measurement of September 18th, 1976,

C: summer-autumn period, May 26th-September 3rd, 1977, i.e. the mowing of a maize field — measurement of September 3rd, 1977,

D: autumnal period, November 7th-19th, 1977 — measurement of November 19th, 1977.

Fig. 5. Diagrams showing velocity and amount of transported luminophore grains.

1: A. frontal portion of gully A, 1: B. frontal portion of gully B, 2: S. southern slope of denudational spur, 2: N. northern slope of denudational spur, 3: A. middle portion of gully A, 3: B. middle portion of gully B.

The amount of luminophore grains on the X-axis coordinate.

Fig. 6. Systems of rills and cones, summer of 1977 (gullies A and B).

Fig. 7. Disappearance of a snow cover, spring of 1976.

1: cover thickness during particular periods of measurement, 2: location of observation strip, 3: mean cover thickness during the whole measurement period.

Fig. 8. Meteorological conditions of 1976 and 1977.

A: maximum and minimum temperatures, B: precipitation — rainfall above line, snowfall below line.

Fig. 9. System of rills and cones.

A: 1976 — summer-autumn period, B: 1976 — winter-spring period.

Fig. 10. System of rills and cones.

A. 1977 — summer-autumn period, B: 1977 — winter-spring period.

Fig. 11. Calcium carbonate contents of cones, early spring of 1976.

1: proximal side of cone, 2: distal side of cone, 3: soil of the surrounding area.