

ROZNIKI
AKADEMII ROLNICZEJ
W POZNANIU
CCXCIV



MELIORACJE I INŻYNIERIA ŚRODOWISKA

19

CZĘŚĆ I

POZNAŃ 1997

CZESŁAW SZAFRAŃSKI, MICHAŁ FIEDLER, RAFAŁ STASIK

**WPŁYW PRZEBIEGU WARUNKÓW
METEOROLOGICZNYCH
NA STOPIEŃ ZAGROŻENIA EROZJĄ WODNĄ
GLEB POJEZIERZA GNIEŹNIEŃSKIEGO¹**

*Z Katedry Melioracji i Kształtowania Środowiska
Akademii Rolniczej w Poznaniu*

ABSTRACT. Results of investigations carried out in Experimental Station Mokronosy (Department of Land Improvement and Environmental Development), situated on Gniezno Lakeland are presented in this paper. It was stated that water erosion threaten occurred on investigated area during wet years as well as during years with average sum of precipitation.

Key words: water erosion, meteorological conditions

Wstęp

Stałe zmniejszanie arealu gleb użytkowanych rolniczo powoduje konieczność wzrostu intensyfikacji produkcji roślinnej. Zagęszczenie poziomów poduprawnych oraz zaskorupienie i zlewność poziomów uprawnych wpływają na nasilenie się procesów erozji wodnej powierzchniowej, która przeważa na Niziu Polskim, szczególnie na pojezierzach (Kosturkiewicz i in. 1994, Marcinek 1994). Skuteczne zapobieganie niekorzystnym skutkom tych procesów powoduje konieczność dokładnego rozpoznania mechanizmu powstawania zjawiska erozji wodnej gleb w tych terenach, jego natężenia i przestrzennego rozmieszczenia (Szafrąński i in. 1996).

¹Praca wykonana w ramach projektu badawczego Nr 5 P06 H 040 10 finansowanego przez KBN.

Na występowanie i natężenie procesów erozji wodnej gleb ma wpływ wiele czynników takich, jak: klimat, rzeźba terenu, pokrywa glebowa, szata roślinna oraz działalność człowieka, która w istotny sposób przeobraża warunki naturalne. Czynnikiem, który w głównej mierze decyduje o natężeniu erozji wodnej powierzchniowej jest klimat, a w szczególności takie jego elementy, jak: suma opadów dobowych i rocznych, natężenie i czas trwania deszczów, głębokość przemarzania gruntu oraz miąższość pokrywy śnieżnej i intensywność jej tajania.

Czynnik klimatyczny uwzględniony w postaci wskaźnika erozyjności opadów i spływu powierzchniowego stanowi podstawę wielu modeli (m.in. USLE, RUSLE, CREAMS), służących do przewidywania wielkości zmywu gleby i doboru prawidłowego sposobu zagospodarowania rolniczego na terenach erodowanych (Rejman i Link 1996). Coraz szersze wykorzystanie symulacji komputerowej do prognozowania zjawiska erozji wodnej wymaga jednak przeprowadzenia szeregu badań terenowych i analiz w celu dokładnego rozpoznania warunków fizjograficznych, a następnie weryfikacji i dostosowania wartości poszczególnych wskaźników stosowanych w istniejących modelach.

Celem niniejszej pracy była ocena wpływu warunków meteorologicznych na możliwość wystąpienia i natężenie erozji wodnej gleb na Pojezierzu Gnieźnieńskim.

Metody badań

W pracy oparto się na wynikach badań i obserwacjach terenowych prowadzonych w latach 1979-1996 w Doświadczalnej Stacji Badawczej Katedry Melioracji i Kształtowania Środowiska Mokronosy, położonej na Pojezierzu Gnieźnieńskim (52°53'N, 17°28'E).

Stałe obserwacje terenowe i pomiary obejmowały:

- codzienne pomiary opadów atmosferycznych deszczomierzem Hellmanna, a w okresie wegetacyjnym pluwiografem,
- pomiary grubości pokrywy śnieżnej oraz głębokość zamarzania gleby, z częstotliwością co 5 dni,
- systematyczne pomiary uwilgotnienia wierzchnich warstw gleby za pomocą sondy neutronowej, z częstotliwością co 2 tygodnie,
- limnigraficzną rejestrację spływów powierzchniowych z 11 doświadczalnych poletek spływowych, o przedziale spadków od 1,4 do 11,6%. Metodę pomiarów tych spływów przedstawiono w pracy Szafrńskiego (1987),
- określenie ilości zawiesin w spływach powierzchniowych przy użyciu sączków.

W pracy wykorzystano również wyniki pomiarów geodezyjnych oraz terenowych prac gleboznawczych i laboratoryjnych podstawowych właściwości fizyko-wodnych gleb.

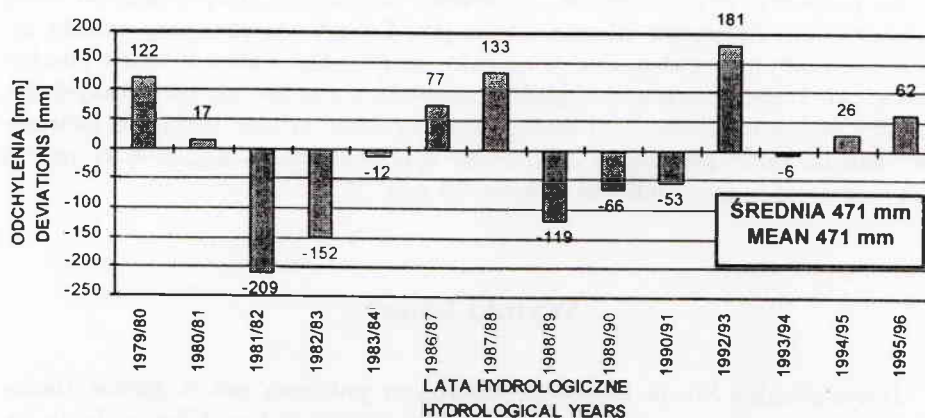
Na podstawie wyników badań i obserwacji terenowych przeprowadzono ocenę podstawowych elementów klimatu takich, jak: dobowe i roczne sumy opadów atmosferycznych, ich rozkład, czas trwania i natężenie. Do analizy wybrano lata hydrologiczne zróżnicowane pod względem przebiegu warunków atmosferycznych. Do prognozowania wielkości erozji wodnej wykorzystano formułę USLE (**Wischmeier i Smith** 1978), przyjmując za erozyjny opad o natężeniu $I_{max} \geq 6,35$ mm/15 min oraz opad o sumie dobowej powyżej 10 mm.

Wyniki badań

Doświadczalna Stacja Badawcza Mokronosy położona jest w gminie Damasławek w województwie pilińskim, na Pojezierzu Gnieźnieńskim. Obszar objęty badaniami charakteryzuje się bardzo zróżnicowanym ukształtowaniem terenu, typowym dla rzeźby młodoglacjalnej. Pokrywa glebowa cechuje się w związku z tym dużą mozaikowością. Na badanym obiekcie występują gleby płowe typowe położone na wierzchołkach wzniesień i zboczach o mniejszych spadkach, płowe gruntowo-glejowe zlokalizowane na zboczach o większym nachyleniu, płowe opadowo-glejowe występujące na zboczach wklęsłych i w zagłębieniach terenowych oraz czarne ziemie zbrunatniałe zajmujące najniższe partie zboczy i rynny terenowe (**Szafański** 1993). Wierzchnie warstwy badanych gleb zbudowane są najczęściej z piasków gliniastych mocnych i glin lekkich, przechodzących płytko lub średnio głęboko w gliny średnie. Badania wykazały, że gleby płowe, dominujące w pokrywie glebowej analizowanego obszaru, są średnio podatne na erozję wodną (**Szafański i in.** 1996).

Według regionizacji IMGW (Atlas Hydrologiczny Polski 1987) obszar objęty badaniami leży w regionie klimatycznym wielkopolsko-mazowieckim i w VII środkowej dzielnicy rolniczo-klimatycznej według **Gumińskiego** (1954). Klimat Pojezierza Gnieźnieńskiego charakteryzuje się cechami przejściowymi od oceanicznego do kontynentalnego. Ścierające się nad tym obszarem różne masy powietrza kształtują zmienną pogodę oraz powodują występowanie znacznych różnic w wysokościach opadów i temperatur powietrza zarówno w poszczególnych latach, jak i miesiącach danego roku. Średnia roczna suma opadów atmosferycznych w tym regionie wynosi 550 mm, a średnia roczna temperatura powietrza $7,5^{\circ}\text{C}$. Opady w półroczu zimowym (200 mm) stanowią 36% rocznej sumy opadów i są tylko w 40% opadami śnieżnymi. Średnie zapasy wody zgromadzone w pokrywie śnieżnej wynoszą 30 mm, a średni czas jej zalegania trwa 60 dni. Okres wegetacyjny i prace polowe rozpoczynają się w tym regionie w trzeciej dekadzie marca, a okres aktywnej wegetacji kończy się w pierwszej dekadzie października.

Rycina 1 przedstawia wykres odchyień rocznych sum opadów atmosferycznych od wielkości średniej z wielolecia 1979-1996, sporządzony na podstawie pomiarów we własnym posterunku opadowym. Średnia roczna suma opadów atmosferycz-



Ryc. 1. Odchylenia sum opadów rocznych od wielkości średniej z wielolecia w posterunku opadowym Mokronosy

Fig. 1. Deviations of year sums of precipitation from mean for multiyear

nych na badanym obszarze wynosi 471 mm. Zagrożenie erozją wodną występuje, gdy suma opadów rocznych jest wyższa od 600 mm (Figuła 1955, Józefaciuk i Józefaciuk 1992). Przy takiej średniej rocznej sumie opadów (471 mm) w Mokronosach zagrożenie erozyjne jest więc słabe. Jak już wcześniej wspomniano, klimat regionu objętego badaniami charakteryzuje się dużą zmiennością. Sumy opadów atmosferycznych w poszczególnych latach mogą dość znacznie odbiegać od wielkości średniej. W roku mokrym 1992/93 suma opadów atmosferycznych wyniosła 652 mm i była o 181 mm wyższa od średniej z wielolecia. W latach mokrych, o sumie opadów zbliżonej lub przewyższającej 600 mm, na obszarze objętym badaniami występuje średnie zagrożenie erozją wodną powierzchniową. Należy jednak stwierdzić, że roczne sumy opadów atmosferycznych nie odzwierciedlają w pełni możliwości wystąpienia erozji wodnej. O występowaniu erozji wodnej decyduje również rozkład opadów i natężenie deszczów oraz czas ich trwania. Spływy powierzchniowe wywołujące erozję wodną mogą być wynikiem opadów o małej wysokości, lecz dużej ich intensywności, przekraczającej zdolności infiltracyjne wierzchnich warstw gleby. Mogą one również wystąpić po długotrwałych opadach o niskiej intensywności, lecz znacznej sumie, po osiągnięciu przez wierzchnie warstwy gleby pełnej pojemności wodnej. Wischmeier i Smith (1978) za erozyjny uznają opad o intensywności $I_{max} \geq 6,35$ mm/15 min lub dobowej sumie przekraczającej 12,6 mm, która jest wielkością progową stosowaną do prognozowania erozji wodnej w modelu USLE. Przyjęcie takiej wielkości w prognozowaniu erozji wodnej w terenach o odmiennym warunkach klimatyczno-glebowych, prowadzi do eliminacji z obliczeń opadów mogących wywoływać zmywy powierzchniowe. Na podstawie trzyletnich doświadczeń prowadzonych w Czesławicach na Lubelszczyźnie Rejman i Link

(1996) za wartość progową opadu erozyjnego przyjęli 5 mm, co według tych autorów w większym stopniu odzwierciedla specyfikę warunków klimatyczno-glebowych Wyżyny Lubelskiej. Wyniki wieloletnich badań wykazały, że w warunkach fizjograficznych Doświadczalnej Stacji Badawczej Mokronosy spływy powierzchniowe pojawiają się, gdy wysokość dobowego opadu przekracza 10 mm (Szafranski 1987).

W tabeli 1 przedstawiono wielkości sum opadów atmosferycznych oraz liczbę dni z opadem o sumie dobowej powyżej 10 mm w wybranych do analizy latach hydrologicznych. Rok 1979/80 był rokiem mokrym, o sumie opadów 593 mm, która była o 122 mm większa od średniej. Przy takiej sumie opadów, która jest poniżej 600 mm, zagrożenie erozyjne powinno być słabe. Analizowany rok 1979/80 charakteryzował się jednak niekorzystnym rozkładem opadów. W półroczu zimowym suma opadów była zbliżona do średniej, zaś w półroczu letnim była ona o 128 mm większa od średniej z wielolecia dla tego okresu. Najwyższe sumy opadów zaobserwowano w czerwcu i lipcu i wyniosły one odpowiednio 177 i 129 mm. Pomierzone w tych miesiącach na poletku spływowym, z uprawą pszenicy ozimej, wskaźniki spływów powierzchniowych osiągnęły łączną wartość 95 mm. W półroczu letnim 1980 roku wystąpiło 14 dni o sumie dobowej powyżej 10 mm. W okresie tym opady stanowią duże zagrożenie erozyjne, szczególnie dla upraw roślin okopowych i kukurydzy, których powierzchnia stanowi znaczny procent w ogólnej powierzchni gruntów ornych obszaru objętego badaniami.

Tabela 1

Sumy opadów atmosferycznych i liczba dni z opadem o sumie dobowej powyżej 10 mm w półroczu zimowym, letnim, okresie wegetacyjnym i roku hydrologicznym w wybranych latach hydrologicznych
Sums of precipitation and number of days with precipitation's sum over 10 mm in winter and summer half-year, vegetation periods and chosen hydrological years

Rok hydrologiczny Hydrological year	Sumy opadów w okresie Sums of precipitation in period [mm]				Liczba dni z opadem o sumie dobowej powyżej 10 mm Number of days with precipitation sum over 10 mm			
	XI-IV	V-X	IV-IX	XI-X	XI-IV	V-X	IV-IX	XI-X
1979/80	166	427	430	593	4	14	15	18
1980/81	179	309	268	488	4	8	8	12
1992/93	194	458	454	652	6	16	16	22
1993/94	220	244	230	464	7	10	8	17

Niekorzystnym rozkładem opadów charakteryzował się również rok 1980/81, który był rokiem średnim, o sumie opadów wynoszącej 488 mm. W okresie wegetacyjnym tego roku wystąpiło osiem dni z opadem, o sumie dobowej powyżej 10 mm, wywołującym spływy powierzchniowe. W okresie tym zanotowano również opady o intensywności przekraczającej 6,35 mm/15 min. Na poletku z kukurydzą

i poletku z ziemniakami obsypywanymi wzdłuż spadku terenu wskaźniki spływów powierzchniowych były do siebie zbliżone i osiągnęły wartość około 20 mm. Natomiast na poletku będącym pod użytkiem zielonym spływy powierzchniowe były w tym okresie pięciokrotnie niższe (Szafrński 1987). Z przeprowadzonej analizy wynika, że w roku hydrologicznym 1980/81 z uwagi na znaczną liczbę opadów wywołujących zmywy powierzchniowe, wystąpiło duże zagrożenie erozją wodną badanego obszaru. Rok 1992/93 był rokiem mokrym, o największej z analizowanego wielolecia sumie opadów. W roku tym wystąpiło 22 dni z opadami powyżej 10 mm, głównie w półroczu letnim (tab. 1). Opady o znacznych sumach dobowych zaobserwowano w trzeciej dekadzie sierpnia i na początku września. Stanowiły one wówczas duże zagrożenie erozyjne na powierzchniach, na których wykonano orki uprawowe pod zasiew rzepaku i pszenicy ozimej. Rok 1993/94 charakteryzował się najniższą spośród wybranych lat roczną sumą opadów atmosferycznych (464 mm). W roku tym zaobserwowano jednak 17 dni z opadem o sumie dobowej powyżej 10 mm. Opady takie wystąpiły między innymi w marcu, przed rozpoczęciem okresu aktywnej wegetacji roślin, oraz w maju, gdy szata roślinna nie była jeszcze dobrze rozwinięta. Pojawienie się opadów o sumie dobowej powyżej 10 mm na początku okresu wegetacyjnego stanowiło zatem duże zagrożenie erozyjne dla gleb terenu objętego badaniami, w szczególności powierzchni z uprawami jarymi.

Na podstawie otrzymanych wyników badań można stwierdzić, że zagrożenie erozją wodną powierzchniową na badanym obszarze występuje zarówno w latach mokrych, o wysokich sumach opadów, jak i w latach o sumie opadów zbliżonej do średniej z wielolecia. Związane jest to z niekorzystnym rozkładem opadów w ciągu roku i występowaniem deszczów o dużym natężeniu, przekraczającym aktualne zdolności infiltracyjne wierzchnich warstw gleby. W półroczu letnim występowanie spływów powierzchniowych i związanej z nimi erozji wodnej gleb uzależnione jest, poza użytkowaniem terenu, od sumy i rozkładu opadów dobowych oraz od ich natężenia. Natomiast, jak wykazały wieloletnie badania, prowadzone w Doświadczalnej Stacji Badawczej Mokronosy, w półroczu zimowym spływy powierzchniowe pojawiają się w czasie roztopów śródzimowych i wiosennych. Ich wielkość jest uzależniona głównie od temperatury powietrza, która decyduje o wystąpieniu pokrywy śnieżnej i przebiegu roztopów (Szafrński 1993).

W tabeli 2 przedstawiono wyniki obliczeń przewidywanej wielkości strat gleby, wyznaczonej na podstawie formuły USLE (Wischmeier i Smith 1978). Obliczenia wykonano dla wybranych lat hydrologicznych 1980/81, 1987/88 i 1990/91, w których dysponowano pełnymi danymi z pluwiografu. Lata te były zróżnicowane pod względem rocznych sum opadów atmosferycznych, liczby dni z opadem oraz intensywności i czasów trwania deszczów. W obliczeniach uwzględniono opady w okresie wegetacyjnym o natężeniu $\geq 6,35$ mm/15 min oraz opady o sumie dobowej powyżej 10 mm. Obliczenia wykonano dla doświadczalnego poletka spływowego o długości zbocza równej 30 m i nachyleniu 11,5%. Na poletku tym występują gleby płowe opadowo-glejowe, których wierzchnia warstwa zbudowana jest z glin lekkich. W obliczeniach przyjęto założenie, że poletko to ma wzdłużny kierunek wykonywa-

Tabela 2

Przewidywana wielkość strat gleby wyznaczona na podstawie formuły USLE
Estimated quantity of soil losses according to USLE formula

Rok hydrologiczny Hydrological year	Sumy opadów Sums of precipitation [mm]	Liczba opadów erozyjnych Number of erosive precipitations	Przewidywana wielkość strat gleby [t·ha ⁻¹ ·rok ⁻¹] Estimated quantity of soil losses [t·ha ⁻¹ ·year ⁻¹]
1980/81	488	15	7,1
1987/88	604	19	8,7
1990/91	417	9	0,1

nia zabiegów uprawowych oraz pozbawione jest pokrywy roślinnej (czarny ugor). Jak widać z przedstawionych danych, w roku 1987/88 uzyskano największą przewidywaną wielkość strat gleby, która wyniosła 8,7 t·ha⁻¹·rok⁻¹. Rok ten charakteryzował się największą sumą opadów atmosferycznych i liczbą opadów erozyjnych. W roku 1980/81, w którym suma opadów była niższa o 166 mm od sumy opadów w roku 1987/88, obliczona wielkość strat gleby była zbliżona i wyniosła 7,1 t·ha⁻¹·rok⁻¹. Przeprowadzone obliczenia potwierdziły, że o wielkości strat gleby decyduje nie tylko suma roczna opadów, lecz przede wszystkim ich natężenie oraz liczba dni z opadem o sumie dobowej powyżej 10 mm. Potwierdzeniem tego mogą być obliczenia wykonane dla roku 1990/91, który charakteryzował się najniższą z analizowanych lat sumą opadów atmosferycznych oraz ilością opadów erozyjnych. Wielkość strat gleby w tym roku wyniosła jedynie 0,1 t·ha⁻¹·rok⁻¹.

Podsumowanie

Badania wykazały, że gleby płowe, dominujące w pokrywie glebowej analizowanego obszaru, są średnio podatne na erozję wodną. Ścierające się nad obszarem Pojezierza Gnieźnieńskiego różne masy powietrza kształtują zmienną pogodę oraz powodują występowanie znacznych różnic w wysokościach opadów i temperatur powietrza zarówno w poszczególnych latach, jak i miesiącach danego roku. Na podstawie uzyskanych wyników i przeprowadzonej analizy można stwierdzić, że w warunkach klimatyczno-glebowych badanego obszaru decydujący wpływ na stopień zagrożenia erozją wodną gleb mają warunki meteorologiczne. W półroczu zimowym spływy powierzchniowe pojawiają się w czasie roztopów śródziemnych i wiosennych. Ich wielkość jest uzależniona głównie od temperatury powietrza, która decyduje o wystąpieniu pokrywy śnieżnej i przebiegu roztopów. W półroczu letnim występowanie spływów powierzchniowych i związanej z nimi erozji wodnej gleb uzależnione jest, poza użytkowaniem terenu, od sumy i rozkładu opadów dobowych oraz od ich natężenia.

Na podstawie otrzymanych wyników badań stwierdzono, że zagrożenie erozją wodną powierzchniową na badanym obszarze występuje zarówno w latach mokrych o wysokich sumach opadów, jak i w latach o sumie opadów zbliżonej do średniej z wielolecia. Związane jest to z niekorzystnym rozkładem opadów w ciągu roku i występowaniem deszczów o dużym natężeniu, przekraczającym aktualne zdolności infiltracyjne wierzchnich warstw gleby. Przeprowadzone obliczenia potwierdziły, że największe straty gleby mogą wystąpić w latach o intensywnych opadach lub dużej liczbie dni z opadami dobowymi powyżej 10 mm.

Literatura

- Atlas Hydrologiczny Polski (1987): Red. J. Stacha, t.1. WG, Warszawa.
- Figuła K.** (1955): Wstępna charakterystyka zjawisk erozji na terenie kilku powiatów woj. krakowskiego. Roczn. Nauk Roln. Ser. F, 71, 1.
- Gumiński R.** (1954): Meteorologia i klimatologia dla rolników. PWRiL, Warszawa.
- Józefaciuk A., Józefaciuk Cz.** (1992): Struktura zagrożenia erozją wodną fizjograficznych krain Polski. Pam. Puł., Supl. 101: 23-49.
- Kosturkiewicz A., Szafrąński Cz., Fiedler M.** (1994): Agromelioracje jako czynnik ograniczający erozję wodną gleb terenów bogato rzeźbionych. Roczn. AR Pozn. 266, 14: 281-293.
- Marcinek J.** (1994): Rozmiary erozji wodnej gleb w Wielkopolsce. Roczn. AR Pozn. 266, 14: 63-73.
- Rejman J., Link M.** (1996): Eksperymentalna weryfikacja wskaźnika erozyjności opadu i przewidywanie jego wartości na podstawie opadów dobowych. IUNG Pr. Nauk. 2: 67-78.
- Szafrąński Cz.** (1987): Spływy powierzchniowe i podpowierzchniowe w gospodarce wodnej meliorowanego terenu. Roczn. AR Pozn. 182, 7: 99-139.
- Szafrąński Cz.** (1993): Gospodarka wodna gleb terenów bogato rzeźbionych i potrzeby ich melioracji. Roczn. AR Pozn. Rozpr. Nauk. 244.
- Szafrąński Cz., Fiedler M., Stasik R.** (1996): Ocena natężenia erozji wodnej gleb w mikrozełwniach rolniczych Pojezierza Gnieźnieńskiego. IUNG Pr. Nauk. 2: 157-167.
- Wischmeier W.H., Smith D.D.** (1978): Predicting rainfall erosion losses - a guide to conservation planning. USDA Agric. Handbook 537, Washington D.C.

THE EFFECT OF METEOROLOGICAL CONDITIONS ON DEGREE OF WATER EROSION THREATEN OF SOILS OF GNIEZNO LAKELAND

S u m m a r y

In the paper is presented analysis of weather conditions as basic factor which caused getting up of water erosion as well as the intensity of this process. In the work were used results of investigations performed in Experimental Station Mokronosy localized on Gniezno Lakeland in the years 1979-1996 and data obtained from Meteorological Station

Gniezno. For analysis were chosen hydrological years different with regard to sums of precipitation, precipitation distribution and number of days with precipitation. It was stated that threaten of surface water erosion occurred on investigated area during wet years as well as during years with average sum of precipitation. This situation is caused by unproper distribution of precipitation and by rains with intensity greater than infiltration capabilities of upper soil layers. The greatest soil losses could occur in years with intensive rains or large number of days with daily sums of precipitation higher than 10 mm.