Streszczenie

Gleba stanowi powierzchniową warstwę litosfery, pełniąc przy tym wiele istotnych funkcji. Uczestniczy w obiegu wody w przyrodzie, wpływa na regulację klimatu oraz stwarza odpowiednie warunki do wzrostu roślin. Jednym z głównych zagrożeń i przyczyn degradacji gleby jest erozja wodna.

Początkowym etapem erozji powodowanej opadem deszczu jest zjawisko rozbryzgu, które polega na oderwaniu i przemieszczeniu cząstek gleby wskutek uderzenia kropli. Badania dotyczące rozbryzgu koncentrują się w głównej mierze na określeniu ilości przemieszczonego materiału oraz charakterystyce wybitych cząstek, odnosząc uzyskane rezultaty do czynników wpływających na przebieg zjawiska np. energii kropli czy parametrów gleby. Skutki uderzenia kropli obejmują również deformację powierzchni gleby. W przeciwieństwie do zagadnień dotyczących masy erodowanego materiału, kratery powstające w wyniku rozbryzgu były stosunkowo rzadko uwzględniane w dotychczasowych badaniach.

Celem niniejszej rozprawy doktorskiej, bazującej na cyklu powiązanych tematycznie artykułów, było wypełnienie luki w dotychczasowym stanie wiedzy poprzez pogłębienie opisu deformacji powierzchni gleby powodowanej uderzeniem pojedynczej kropli wody w kontekście erozji rozbryzgowej.

Zakres metod pomiarowych wykorzystanych w badaniach umożliwił wieloaspektową charakterystykę kształtu kraterów oraz analizę procesu deformacji. Pomiary uwzględniały fotografowanie i skanowanie próbek, rejestrację zjawiska rozbryzgu za pomocą szybkich kamer oraz zastosowanie mikrotomografii komputerowej. Możliwości, wyzwania i perspektywy rozwoju metod pomiaru kraterów zostały przedstawione w pracy przeglądowej (**P1**), stanowiącej wstęp do części eksperymentalnej niniejszej rozprawy.

Materiały wykorzystane w badaniach były zróżnicowane i dostosowane do realizowanych celów cząstkowych. Obejmowały one szklane kulki, które służyły jako uproszczony model gleby (**P2**) oraz pięć materiałów glebowych o zróżnicowanym rozkładzie granulometrycznym (**P3**, **P4**). Prace przeprowadzone na złożach modelowych umożliwiły analizę przemieszczania tworzących je elementów w zależności od ich początkowej lokalizacji względem miejsca uderzenia kropli. Eksperymenty uwzględniały wykorzystanie złóż suchych i nasyconych. W złożach suchych określono trzy rodzaje przemieszczeń tj. przesunięcie w obrębie materiału zwilżonego przez kroplę, wybicie oraz przesuniecie w obrębie wału otaczającego krater. W złożach nasyconych wyróżniono dwa typy przemieszczeń tj. przemieszenie wewnątrz deformacji i wybicie. Uderzenie kropli powodowało wybijanie większej ilość szklanych kulek ze złóż suchych, przy czym pokonywały one mniejsze odległości niż kulki wybite ze złóż nasyconych. Przemieszczenie kulek było zależne od ich początkowej lokalizacji i sposobu deformacji obszaru, z którego pochodziły. Obecność wody w złożach wyraźnie wpłynęła na morfologię oraz wielkość deformacji.

Kratery powstające na złożach suchych były większe, a w ich wnętrzu powstawał agregat zbudowany z materiału połączonego wodą z kropli (wyniki przedstawiono w pracy **P2**).
Kolejnym celem cząstkowym, zrealizowanym w ramach publikacji **P3**, było określenie wpływu początkowej wilgotności i rozkładu granulometrycznego gleby, a także energii kropli na kształt i rozmiar powstających kraterów. Pomiary wykonano za pomocą skanera powierzchni 3D, wyznaczając głębokość, średnicę, kolistość i objętość kraterów. Czynnikiem mającym największy wpływ na deformacje była wilgotność, której wzrost skutkował zwiększeniem rozmiaru formowanych kraterów. Rozkład granulometryczny wpływał na kolistość kraterów, która była większa dla materiałów o większej zawartości frakcji pyłowej. Zwiększenie energii kropli powodowało wzrost średnich wartości mierzonych wielkości, choć nie w każdym przypadku zmiany te były istotne statystycznie.
Trzecia praca badawcza (**P4**) dotyczyła wpływu temperatury na rozmiar kraterów. Przeprowadzone eksperymenty uwzględniały trzy materiały glebowe, dwie początkowe wilgotności oraz trzy warianty termiczne. Pomiary wykonano za pomocą skanera powierzchni. Charakterystyka kraterów uwzględniała ich głębokość, średnicę równoważną, objętość oraz bezwymiarowy parametr α (stosunek głębokości do średnicy). Wpływ temperatury wiązał się w głównej mierze z jej interakcją z innymi czynnikami i występował w pyle gliniastym, gdzie wraz ze wzrostem temperatury kratery stawały się szersze, lecz płytsze oraz w piasku gliniastym, gdzie temperatura prowadziła do wystąpienia statystycznie istotnych różnic w średnicy i objętości kraterów powstających przy różnych wilgotnościach. Należy jednak zauważyć, że efekt wywierany przez temperaturę był znacznie mniejszy od wpływu wilgotności, czy rozkładu granulometrycznego, a w przypadku materiału o rozkładzie gliny piaszczystej nie został zaobserwowany.
Prezentowana rozprawa doktorska stanowi uzupełnienie wiedzy w zakresie fizycznego opisu zjawiska rozbryzgu, a w szczególności deformacji powierzchni gleby po uderzeniu kropli. Wyniki przeprowadzonych badań są ważne dla zrozumienia mechanizmów transportu bakterii, grzybów i zanieczyszczeń przenoszonych wraz z przemieszczanymi cząstkami gleby. Potencjalne zastosowanie rezultatów analiz kraterów obejmuje również ich implementację do modeli erozji w celu lepszego przewidywania skali aktualnych i przyszłych zjawisk.

Słowa kluczowe: erozja gleby, zjawisko rozbryzgu, deformacja powierzchni, krater, skanowanie 3D