

### **Streszczenie rozprawy doktorskiej**

Naturalną granicą między strefą nasyconą a nienasyconą w gruntach jest zwierciadło wody gruntowej. Jego głębokość jest zmienna i zależy od wielu aspektów geologicznych oraz klimatycznych. Poniżej zwierciadła wody gruntowej zakłada się, że przestrzeń porów jest całkowicie wypełniona wodą, powyżej natomiast przyjmuje się, że w porach znajdują się dwa płyny: woda oraz powietrze. W związku z tym strefa aeracji (nienasycona) jest obszarem, który łączy powierzchnię gruntu ze zwierciadłem wody gruntowej. Dodatkowo z uwagi na swoje położenie jest ona miejscem, w którym zachodzi wiele procesów geologicznych oraz hydrologicznych takich jak: parowanie, infiltracja czy migracja zanieczyszczeń.

Przepływ wody w gruntach nienasyconych odgrywa również znaczną rolę w inżynierii geotechnicznej. Tradycyjnym podejściem stosowanym w mechanice gruntów jest założenie, że poniżej zwierciadła wody gruntowej panuje całkowite nasycenie, powyżej natomiast mamy do czynienia z gruntem suchym (w stanie powietrzno-suchym). Powoduje to, pominięcie wody znajdującej się m. in. w strefie kapilarnej. W problemach takich jak skurcz, czy pęcznienie gruntu, prowadzi to do znacznych rozbieżności w obliczeniach. Nie są to jednak jedyne warte uwagi zagadnienia. Interesujące wydają się również inne takie jak: zatapianie wałów przeciwpowodziowych, infiltracja obszarowa, niejednorodności w gruncie, czy tunelowanie.

We wszystkich wspomnianych wyżej problemach inżynierskich kluczową rolę odgrywa prawidłowa definicja przepływu wody i powietrza. Z uwagi na wielofazowość gruntu stanowi ona stosunkowo złożony problem matematyczny oraz numeryczny. W rozprawie przedstawione zostaną symulacje numeryczne przepływu wody i powietrza w gruntach nasyconych oraz nienasyconych. Obliczenia opierają się na modelu dwufazowym oraz równaniu Richardsa, które jest zarazem najczęściej używanym modelem obliczeniowym w wielu popularnych programach inżynierskich (Plaxis, SeepW, Hydrous). Zakłada ono, że powietrze obecne w porach gruntu jest nieskończenie mobilne i posiada stałe ciśnienie równe atmosferycznemu, w związku z czym modelujemy tylko przepływ wody. Model dwufazowy natomiast, zakłada jednoczesną mobilność obu płynów.

Mimo znaczącej liczby prac poświęconych modelowaniu przepływu wody i powietrza w strefie nienasyconej, brakuje systematycznych porównań między modelem Richardsa i modelem dwufazowym dla różnych warunków początkowo-brzegowych, jak również porównań obu modeli z wynikami eksperymentów. Zagadnienia te podjęto w rozprawie doktorskiej.

### **Abstract of the PhD dissertation**

Groundwater table is a natural border between saturated and unsaturated zone in soils. Its depth is variable and depends on geological and climate factors. As the name implies, soils and rocks in the unsaturated zone are partially filled with water and air. The vadose zone is then something like a link between groundwater table and ground surface. In addition it is a place of intense human activity and a number of processes like evaporation, infiltration or contaminant migration.

Water flow in unsaturated soils is also important for geotechnical engineering. Traditionally, soil mechanics focuses mostly on completely dry or fully saturated cohesive or non-cohesive soils. However, wide range of problems can be more accurately modeled if the variability of water saturation will be taken into account. This is necessary for soil that swell, shrink or collapse due to changes in water saturation but there is also couple of interesting situations where we are dealing with problems related with partially saturated soils like overtopping of dikes, tunneling and penetration testes. Because of mentioned reasons vadose zone is still attractive and not entirely discovered.

In all mentioned situations a crucial issue is accurately definition of water and air flow in soil. This is however a challenging task due to multi-phase and multi-scale of porous media. PhD thesis presents numerical simulations of water and air flow in saturated and unsaturated conditions. Calculations are based on the most popular equation (Richards equation) implemented in most commercial software and the two-phase flow model. First solution assumes that only flow of water is possible while the second allow on simultaneous flow of both fluids (water and air). Additionally has been prepared a review aimed at identifying and classifying problems in which the air flow has a significant impact on the processes occurring in the porous medium.