

**Stanisław Stryczek\***

## **STAN AKTUALNY I PRZYSZŁOŚĆ METOD GEOINŻYNIERYJNYCH\*\***

### **1. WSTĘP**

Podczas prowadzenia prac górniczych, wiertniczych, jak również w budownictwie hydrotechnicznym, inżynieryjnym oraz inżynierii środowiska często wstępują problemy związane z:

- nieciągłością fizyczną gruntów i skał,
- występowaniem wód gruntowych i złożowych w utworach geologicznych.

Obecność wody w gruntach i skałach, wartość naprężeń efektywnych, oddziaływanie ciśnień sphywowych, stopień konsolidacji utworów geologicznych stanowią zarówno o mechanice gruntów, jak i skał i są istotnymi czynnikami determinującymi nośność i stateczność utworów geologicznych. Występujące problemy w gruntach i skałach spowodowane są zazwyczaj skomplikowanymi warunkami geologicznymi i hydrogeologicznymi, w jakich prowadzone są prace inżynierskie, a także często wynikają z błędów technologicznych powstających w trakcie realizacji prac.

Problemy zagrożeń naturalnych związane z nieciągłością fizyczną utworów geologicznych zmuszają niejednokrotnie do wykonywania prac, których celem jest [3]:

- wyeliminowanie lub zminimalizowanie fizycznych nieciągłości gruntów i skał;
- zmiana właściwości fizykomechanicznych ośrodka gruntowego i masywu skalnego, a zwłaszcza przepuszczalności (porowatości) i ich zwięzłości;
- zlikwidowanie bądź zmniejszenie dopływu wód gruntowych i złożowych do wyrobisk górniczych oraz wykopów budowlanych.

Podstawowe prace techniczno-technologiczne zmierzające do osiągnięcia tego celu polegają na wzmocnianiu i uszczelnianiu:

- niestabilnych utworów geologicznych,
- obudów zabezpieczających wyrobiska górnicze,
- obiektów inżynieryjnych.

---

\* Wydział Wiertnictwa, Nafty i Gazu AGH, Kraków

\*\* Pracę zrealizowano w ramach badań własnych wykonywanych na Wydziale WNiG

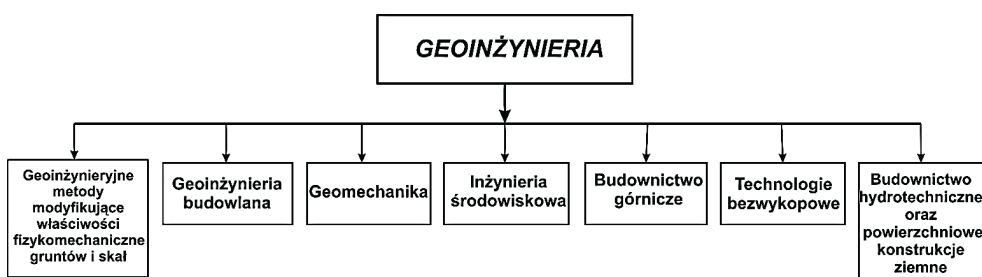
Wybór metody i technologii zależy od warunków geologicznych, hydrogeologicznych, właściwości geomechanicznych górotworu, skuteczności danej metody, rodzaju posiadanego sprzętu oraz czynnika ekonomicznego i wpływu na środowisko naturalne.

W ostatnim dwudziestolecu rozwinął się zarówno w świecie, jak i w kraju, ściśle specjalistyczny kierunek badań nad opracowaniem nowych niekonwencjonalnych metod i technologii do [3, 5]:

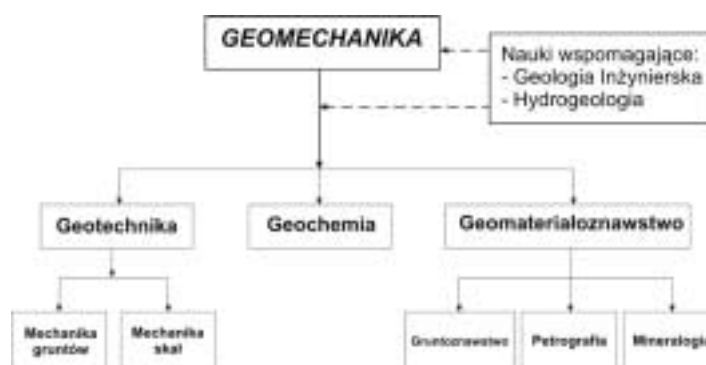
- likwidacji nieciągłości fizycznej ośrodka gruntowego i masywu skalnego,
- modyfikacji struktury gruntów i skał.

## 2. GEOINŻYNIERIA JAKO DYSCYPLINA NAUK TECHNICZNYCH

Deficyt terenów odpowiadających wymaganiom konstrukcyjno-budowlanym oraz wysokie koszty wykonywania głębokich fundamentów stały się bodźcem do poszukiwań metod modyfikujących parametry fizykomechaniczne gruntu i skały stanowiących podłoże obiektów inżynierskich. Tak doszło do niezwykle szybkiego rozwoju geoinżynierii. Ogólny podział geoinżynierii na poszczególne grupy, różniące się między sobą metodami wynikającymi z mechanizmu modyfikującego właściwości technologiczne gruntów i skał przedstawia rysunek 1.



Rys. 1. Ogólny podział geoinżynierii



Rys. 2. Klasyfikacja geomechaniki

Na podstawie analizy literatury z zakresu modyfikacji właściwości fizykomechanicznych gruntów i skał, można zauważyć, że część autorów problematykę tę określa jako [1, 6]:

- geotechnical engineering,
- geonika,
- geoengineering.

Na Wydziale Wiertnictwa, Nafty i Gazu AGH w roku 1999 poszerzono nazwę Zakładu Wiertnictwa o Geoinżynierię oraz wprowadzono kierunek dyplomowania „geoinżynieria”. Program nauczania uwzględnia specyfikę prac geoinżynierskich w różnej działalności inżynierskiej, a zwłaszcza metody wykorzystujące technologie wiertnicze.

Zdefiniowanie pojęcia geoinżynierii jest problemem trudnym i złożonym, gdyż obejmuje obszar różnej działalności naukowej, natomiast swój początek zawdzięcza klasycznej geomechanice (rys. 2).

Za jedną z definicji można uważać, że [3]: „Geoinżynieria – jest dziedziną nauki z pogranicza geotechniki, hydrogeologii, geofizyki, mineralogii, geochemii, mechaniki gruntów, mechaniki górotworu, gruntoznawstwa, inżynierii lądowej i wodnej, fundamentowania, górnictwa, wiertnictwa, materiałoznawstwa oraz maszynoznawstwa. Zajmuje się ona sposobami planowania i organizacji realizacji robót ziemnych i górniczych, projektowaniem i zastosowaniem urządzeń mechanicznych dla tych robót oraz metodami, technologiami i urządzeniami do sztucznej poprawy warunków posadowienia budowli technicznych oraz zmian właściwości fizykomechanicznych ośrodka gruntowego i masywu skalnego. W problematyce tej uwzględnia się również badania fizykomechaniczne gruntów i skał, przede wszystkim w obiektach inżynierskich, związanych z budownictwem lądowym, wodnym, hydrotechnicznym oraz górniczym”.

W pracach [1, 6] w sposób obrazowy (rys. 3) przedstawiono koincydencje różnych nauk oraz badań związanych z geoinżynierią.



Rys. 3. Nauki i badania z zakresu geoinżynierii [1, 6]

Innym sposobem określenia geoinżynierii jest określenie jej jako nauki zajmującej się uwarunkowaniami geologicznymi w działalności inżynierskiej (technicznej) człowieka, czyli takimi właściwościami gruntów i skał, które mają wpływ na umieszczone w tym środowisku obiekty techniczne (konstrukcje inżynierskie, wyrobiska górnicze, sztuczne zbiorniki wodne, składowiska, wały itp.), na ich planowanie, wykonanie i użytkowanie.

Geoinżynierię można więc traktować jako stosunkowo nową dyscyplinę naukową z zakresu nauk technicznych. Posiada ona bowiem ściśle zdefiniowany przedmiot badań, terminologię służącą do opisu tego przedmiotu, własne metody badawcze i kryteria oceny.

### 3. CZYNNIKI WPLYWAJĄCE NA PRACE GEOINŻYNIERYJNE

Dobór metod, środków technicznych oraz technologii w pracach geoinżynierskich, wynika przede wszystkim z istniejących warunków górniczo-technicznych w rejonie prowadzonych prac.

Czynniki te w głównej mierze determinowane są [1, 2, 4, 5, 7]:

- warunkami geologiczno-hydrogeologicznymi;
- właściwościami fizykomechanicznymi oraz chemicznymi ośrodka gruntowego i masywu skalnego.

Przystępując do opracowania projektu i technologii prac geoinżynierskich, należy w pierwszej kolejności dokonać analizy czynników natury górniczej.

Rozważania te powinny dotyczyć:

- sposobów zapewnienia prawidłowego i bezawaryjnego prowadzenia prac w gruntach i skałach (wyrobiska górnicze, otwory wiertnicze itp.);
- możliwości stabilnego utrzymywania górotworu (wyrobisk górniczych) w skomplikowanych warunkach geologicznych;
- oddziaływania wód złożowych na ośrodek gruntowy i masyw skalny.

Czynniki geologiczno-hydrogeologiczne w odniesieniu do założeń górniczo-technicznych pozwalają na ustalenie przyczyn nieciągłości fizycznej górotworu oraz rozmiarów możliwych zagrożeń, jak również zakresu projektowanych prac, a ponadto determinują rodzaj oraz parametry technologiczne prac geoinżynierskich.

Badania geologiczne stanowią wstęp do opracowania projektu technicznego i wyboru odpowiednich metod realizacji, uwzględniających umiejscowienie interwałów, w których mogą powstać trudności i nieprzewidziane przerwy przebiegu robót.

Właściwe rozpoznanie podłoża gruntowego oraz znajomość jego fizycznych cech pozwala w praktyce uniknąć błędów, począwszy od etapu projektowania, a na stadium wykonawstwa kończąc. Ocena przydatności gruntu dla potrzeb budownictwa oraz innych prac inżynierskich wymaga opracowania opinii geotechnicznej. W zależności od znaczenia i wielkości inwestycji oraz od etapu projektowania opinie geotechniczne mają różny zakres i formę.

Mogą to być:

- wstępne informacje o warunkach gruntowo-wodnych,
- dokumentacje geologiczno-inżynierskie,
- dokumentacje z technicznych badań podłoża,
- ekspertyzy.

Opracowania te rozwiązują problemy geotechniczne i stanowią wytyczne do podejmowania decyzji o lokalizacji, sposobie wykonania, rodzaju konstrukcji, uzbrojeniu terenu, wpływie inwestycji na środowisko itp. Stanowią one integralną część projektów, wyprzedzając i sterując etapami projektowania. W studium przedprojektowym, bo za takie należy uznać opracowanie geotechniczne, główny nacisk kładzie się na budowę geologiczną, sporządzaną na podstawie materiałów archiwalnych, wizji lokalnych, kartowania geologicznego czy wierceń badawczych. W projektach technicznych wymagane jest określenie cech fizycznych i mechanicznych gruntów i skał uzyskiwanych za pomocą badań polowych i laboratoryjnych.

#### 4. MOŻLIWOŚCI APLIKACJI METOD GEOINŻYNIERYJNYCH

Uszczuplanie się terenów przydatnych pod względem geomechanicznym do realizacji obiektów budowlano-inżynierskich przy równocześnie wysokich kosztach wykonywania prac związanych z polepszeniem właściwości fizykomechanicznych gruntów i skał stało się motywacją do poszukiwań stosunkowo tanich, a przy tym skutecznych metod geoinżynierskich pozwalających na osiągnięcie założonego celu. Na rysunku 4 przedstawiono przykładowy przyszłościowy zakres zastosowania metod geoinżynierskich.



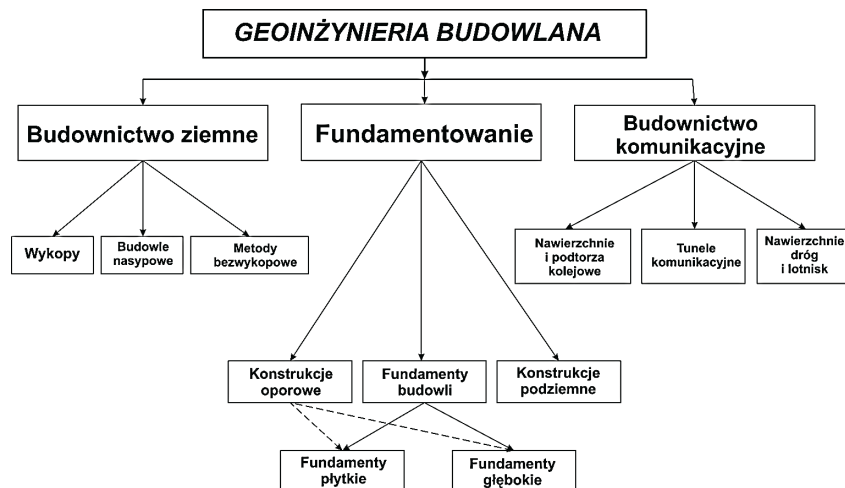
Rys. 4. Zakres aplikacji geoinżynierskich [5, 6]

Zakres stosowania prac geoinżynierskich w różnej działalności inżynierskiej pozwala na stwierdzenie, że jest to kierunek bardzo perspektywiczny, a zwłaszcza w takich dziedzinach jak [1, 3, 4, 5, 6, 7]:

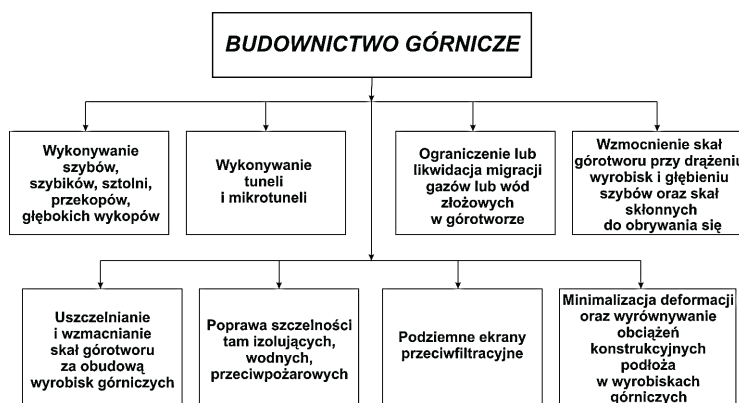
- modyfikacje właściwości fizykomechaniczne gruntów i skał (rys. 5);
- budownictwo ziemne i komunikacyjne (rys. 6);
- budownictwo górnicze (rys. 7);
- budownictwo hydrotechniczne oraz powierzchniowe konstrukcje ziemne (rys. 8);
- inżynieria środowiska (rys. 9).



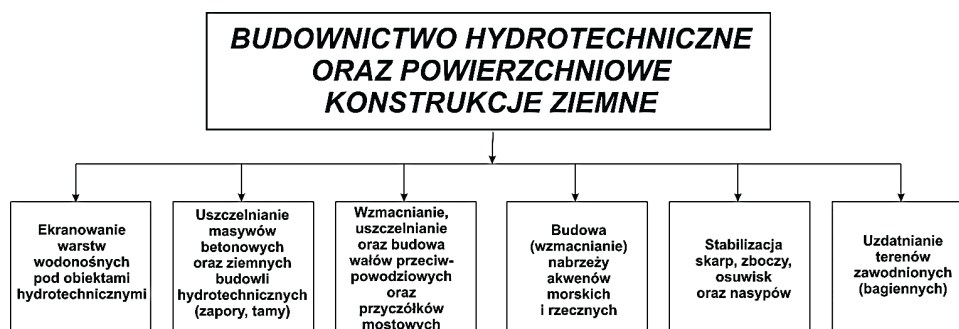
Rys. 5. Podział geoinżynierskich metod zmian właściwości fizykomechanicznych gruntów i skał [1, 3]



Rys. 6. Podział geoinżynierskiej budowlanej



Rys. 7. Podział geoinżynierskiej związanej z budownictwem górniczym



Rys. 8. Podział geoinżynierii związanej z budownictwem hydrotechnicznym oraz powierzchniowymi konstrukcjami ziemnymi



Rys. 9. Podział geoinżynierii związanej z inżynierią środowiskową

Z powyższego wynika, że w najbliższych dziesięcioleciach rola geoinżynierii będzie coraz to większa. W związku z powyższym istnieje potrzeba rozwijania badań w tym zakresie oraz opracowanie coraz to nowszych technik i technologii wykonywania prac.

## 5. PODSUMOWANIE

Odpowiednio dobrane do istniejących warunków geologiczno-hydrogeologicznych oraz właściwości geomechanicznych gruntów i skał metody i technologie geoinżynierijne powinny zapewnić:

- zmniejszenie przepuszczalności lub porowatości skał szczelinowatych zwięzłych, luźnych, a więc uszczelnienie masywu skalnego;
- poprawę właściwości wytrzymałościowych gruntów i skał;
- redukcję osiadania górotworu;

- ograniczenie możliwości upłynniania się skał pod wpływem obciążeń dynamicznych oraz zmian warunków hydrogeologicznych;
- zmniejszenie szybkości ruchu wody w szczelinach i przeciwdziałanie możliwości rozwoju sufozji mechanicznej i chemicznej;
- zmniejszenie wysokości strugi filtracyjnej w gruntach i skałach;
- obniżenie i bardziej korzystne rozłożenie ciśnienia dynamicznego i statycznego, które mogłoby doprowadzić do odkształcenia górotworu;
- zlikwidowanie możliwości powstawania nowych dróg filtracji prowadzących do odkształceń górotworu.

Geoinżynieria jako stosunkowo młoda dyscyplina nauk technicznych pozwala na racjonalną logistykę realizacji prac związanych z modyfikacją właściwości gruntów i skał.

W najbliższych latach przewiduje się rozwój i wzrost aplikacji obecnie stosowanych metod geoinżynierskich oraz powstawanie nowych technologii prac inżynierskich.

## LITERATURA

- [1] Gryczmański M.: *Współczesne kierunki rozwoju geotechniki w Polsce*. Inżynieria i Budownictwo, nr 8/94, Warszawa, 1994
- [2] Kłosiński B.: *Grupa norm europejskich. Wykonawstwo specjalnych robót geotechnicznych*. Inżynieria i Budownictwo, nr 6, Warszawa, 2000
- [3] Stryczek S., Gonet A.: *Geoinżynieria*. Studia, Rozprawy, Monografie, nr 71. Kraków, PAN Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią 2000
- [4] Stryczek S., Gonet A., Zachwieja R.: *Stosowanie geosyntetyków nieprzepuszczalnych w pracach geoinżynierskich*. Rocznik AGH Wiertnictwo Nafta Gaz, t. 21/1, 2004
- [5] Stryczek S., Zachwieja R.: *Metody geoinżynierskie w zbrojeniach ośrodka gruntowego*. Rocznik AGH Wiertnictwo Nafta Gaz, 2004
- [6] Tajduś A.: *Geoinżynieria – nowe wyzwania*. Kwartalnik AGH Górnictwo i Geoinżynieria, z. 3–4, 2003
- [7] Topolnicki M.: *Nowoczesne metody wzmacniania słabych gruntów dla bezpiecznego posadowienia dróg*. Materiały konferencyjne pt. „Trwałe i bezpieczne nawierzchnie drogowe”, Kielce 2004