



# UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PALERMO

|                                      |                                            |                        |                  |
|--------------------------------------|--------------------------------------------|------------------------|------------------|
| DIPARTIMENTO                         | Scienze della Terra e del Mare             |                        |                  |
| ANNO ACCADEMICO OFFERTA              | 2018/2019                                  |                        |                  |
| ANNO ACCADEMICO EROGAZIONE           | 2018/2019                                  |                        |                  |
| CORSO DILAUREA MAGISTRALE            | SCIENZE E TECNOLOGIE GEOLOGICHE            |                        |                  |
| INSEGNAMENTO                         | GEOLOGIA TECNICA E GEOTECNICA C.I.         |                        |                  |
| CODICE INSEGNAMENTO                  | 18134                                      |                        |                  |
| MODULI                               | Si                                         |                        |                  |
| NUMERO DI MODULI                     | 2                                          |                        |                  |
| SETTORI SCIENTIFICO-DISCIPLINARI     | GEO/05, ICAR/07                            |                        |                  |
| DOCENTE RESPONSABILE                 | CAPPADONIA CHIARA                          | Professore Associato   | Univ. di PALERMO |
| ALTRI DOCENTI                        | CAFISO FABIO                               | Professore a contratto | Univ. di PALERMO |
|                                      | CAPPADONIA CHIARA                          | Professore Associato   | Univ. di PALERMO |
| CFU                                  | 9                                          |                        |                  |
| PROPEDEUTICITA'                      |                                            |                        |                  |
| MUTUAZIONI                           |                                            |                        |                  |
| ANNO DI CORSO                        | 1                                          |                        |                  |
| PERIODO DELLE LEZIONI                | 1° semestre                                |                        |                  |
| MODALITA' DI FREQUENZA               | Facoltativa                                |                        |                  |
| TIPO DI VALUTAZIONE                  | Voto in trentesimi                         |                        |                  |
| ORARIO DI RICEVIMENTO DEGLI STUDENTI | CAPPADONIA CHIARA<br>Mercoledì 15:00 17:00 |                        |                  |

|                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>PREREQUISITI</b>                      | Il candidato deve avere le conoscenze di matematica e fisica, sviluppate nella laurea triennale, nonché le competenze di carattere generale inerenti la geologia applicata e la geomorfologia acquisite anch'esse nel ciclo di laurea triennale.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| <b>RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI</b> | <p><b>GEOLOGIA TECNICA</b><br/>         Conoscenza e capacità di comprensione:<br/>         Conoscenza del quadro normativo generale relativamente al ruolo del geologo nei settori di competenza come da art. 40 e 41 del D.P.R. 328/2001 (ambiente, georisorse, acque sotterranee e superficiali, difesa del suolo e protezione civile, geologia tecnica e geotecnica; tipologie di indagine geologica; modellazione geologica per le valutazioni di pericolosità e rischio.<br/>         Conoscenza dei software di supporto alle analisi di dati geologici<br/>         Capacità di applicare conoscenza e comprensione<br/>         Capacità di organizzazione dei piani di indagine;<br/>         Capacità di elaborazione dati geologici finalizzati alla realizzazione di carte tematiche per la pianificazione urbana e territoriale e alla definizione di modelli geologici.<br/>         Capacità di applicare le competenze del geologo in materia di difesa del suolo: progettazione di interventi di sistemazione.<br/>         Capacità di valutazione della vulnerabilità degli acquiferi.<br/>         Caratterizzazione tecnica delle rocce sciolte finalizzata alla definizione delle condizioni di stabilità dei versanti.<br/>         Conoscenza dei software di supporto alle analisi di dati geologici<br/>         Autonomia di giudizio<br/>         Valutazione delle problematiche di competenza del geologo; pianificazione delle fasi di studio e proposta di soluzioni progettuali e raccomandazioni sulla base dei dati disponibili.<br/>         Abilità comunicative<br/>         Esposizione verbale e scritta dei risultati delle indagini. Presentazione grafica e sintesi dei dati</p> <p>Capacità d'apprendimento<br/>         Capacità di ricerca, informazione e aggiornamento.<br/>         Capacità di ricerca e di sintesi della letteratura scientifica e tecnica disponibile.</p> <p><b>GEOTECNICA</b><br/>         Conoscenza e capacità di comprensione<br/>         Acquisizione delle conoscenze e delle metodologie per: lo studio delle proprietà meccaniche delle rocce sciolte in relazione alle specifiche problematiche di progettazione e realizzazione di opere di ingegneria civile; la caratterizzazione geostrutturale e meccanica degli ammassi rocciosi fessurati finalizzata alla valutazione dei problemi di stabilità dei fronti lapidei e alla mappatura delle aree a rischio per fenomeni di caduta massi in relazione allo studio probabilistico delle traiettorie; la scelta della tipologia di una fondazione di un'opera di ingegneria, sulla base del modello geologico e geotecnico del terreno in cui essa dovrà essere realizzata; l'approccio geologico e geotecnico necessario a supporto della progettazione di una galleria.<br/>         Capacità di applicare conoscenza e comprensione<br/>         Capacità di: definire il modello geologico e geotecnico a supporto della progettazione delle varie opere di ingegneria, di programmare le prove di laboratorio necessarie ed elaborarne i relativi risultati; individuare i possibili cinematismi negli ammassi rocciosi e i meccanismi di rottura in relazione alle caratteristiche delle superfici di discontinuità in essi presenti ed alla resistenza al taglio della roccia lungo i giunti; definire il modello geologico e geotecnico a supporto della progettazione di fondazioni di opere di ingegneria e di gallerie.<br/>         Autonomia di giudizio<br/>         Essere in grado di valutare: le problematiche geologiche e geotecniche connesse con la progettazione e realizzazione di un'opera di ingegneria; la pericolosità di un ammasso roccioso, la vulnerabilità delle infrastrutture poste in un suo intorno e il grado di rischio per quest'ultime.<br/>         Abilità comunicative<br/>         Capacità di: interagire con competenza con le altre figure professionali di una équipe interdisciplinare, individuando i problemi tecnici di specifica competenza, in modo da contribuire alla scelta delle soluzioni adeguate insieme agli altri tecnici; esporre e illustrare i problemi di meccanica delle rocce sciolte e lapidee anche ad interlocutori privi di specifiche competenze.<br/>         Capacità d'apprendimento<br/>         Capacità di sintetizzare in un unico quadro cognitivo: le singole informazioni acquisite con gli studi, i sopralluoghi le indagini in sito e in laboratorio in modo da ricostruire un modello geologico e geotecnico da porre a base delle scelte progettuali relative alle varie opere di ingegneria l'osservazione e il rilievo della geo-struttura di un ammasso roccioso con le analisi teoriche di stabilità, in modo da predisporre un modello geomeccanico.</p> |
| <b>VALUTAZIONE DELL'APPRENDIMENTO</b>    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |

|                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|---------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                       | <p>Il metodo di valutazione consiste in una prova orale alla fine del corso; nella quale saranno valutate (in trentesimi), il livello di acquisizione e consapevole competenza relativamente ai contenuti trattati nei due moduli. Per ogni modulo si effettuerà un minimo di 3 domande aperte (o esercizi da risolvere) che tenderanno a verificare le conoscenze e le competenze acquisite. La valutazione viene espressa in trentesimi e tiene conto di: acquisizione dei contenuti disciplinari (per il 35%), capacità analitica e critica (per il 35%), capacità espositiva con corretto uso di linguaggio tecnico (per il 30%).</p> |
| <b>ORGANIZZAZIONE DELLA DIDATTICA</b> | <p><b>GEOLOGIA TECNICA</b><br/> Lezioni frontali (2 CFU) e attività pratiche di laboratorio (1 CFU).<br/> Compatibilmente con le risorse a disposizione del corso di laurea, le attività di laboratorio (in parte o in toto) saranno svolte sul campo.</p> <p><b>GEOTECNICA</b><br/> Lezioni (4 CFU) e attività pratiche di laboratorio (2 CFU). Compatibilmente con le risorse a disposizione del corso di laurea, le attività di laboratorio (in parte o in toto) saranno svolte sul campo.</p>                                                                                                                                         |

## MODULO GEOTECNICA

Prof. FABIO CAFISO

### TESTI CONSIGLIATI

- Hoek E., Bray (1977) - Rock Slope Engineering.
  - Bruno G. (2012) - Caratterizzazione geomeccanica per la progettazione ingegneristica
  - Pietro Lunardi(2010) – Progetto e costruzione di gallerie
  - Viggiani C. (1999) – Fondazioni
- Durante il corso il docente fornirà agli studenti materiale didattico in formato PDF.

|                                                                    |                                               |
|--------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| <b>TIPO DI ATTIVITA'</b>                                           | C                                             |
| <b>AMBITO</b>                                                      | 21015-Attività formative affini o integrative |
| <b>NUMERO DI ORE RISERVATE ALLO STUDIO PERSONALE</b>               | 94                                            |
| <b>NUMERO DI ORE RISERVATE ALLE ATTIVITA' DIDATTICHE ASSISTITE</b> | 56                                            |

### OBIETTIVI FORMATIVI DEL MODULO

Nella prima parte del corso si forniscono i principi della meccanica dei terreni, in regime di completa saturazione, evidenziando l'interazione tra la fase solida e quella liquida presenti nel terreno e la ripartizione degli sforzi tra le stesse, secondo il principio delle pressioni efficaci di Terzaghi, sia qualora il carico agente sia soltanto quello geostatico, che in presenza dei moti di filtrazione indotti da carichi esterni o da modifiche alla configurazione dei luoghi, che vengono studiati in regime stazionario. Si affrontano, poi, le problematiche legate alla deformabilità e alla rottura dei terreni, evidenziando i parametri del terreno che intervengono e le prove di laboratorio finalizzate a determinarle sperimentalmente.

Nella seconda parte del corso si evidenziano le differenze sostanziali tra la meccanica delle rocce sciolte e quella delle rocce lapidee, sviluppando in dettaglio gli aspetti geotecnici relativi agli ammassi rocciosi fessurati, con particolare riferimento alle caratteristiche delle superfici di discontinuità, alle modalità di rilievo e alle metodologie di elaborazione statistica dei dati misurati in situ. Vengono studiate, successivamente, le proprietà meccaniche della roccia integra e della roccia fessurata, con particolare riferimento alla resistenza al taglio lungo le discontinuità, evidenziando i principali criteri di rottura. Si affrontano, quindi i problemi di stabilità negli ammassi rocciosi fessurati, utilizzando il modello di riferimento "rigido-discontinuo", con riferimento agli spostamenti cinematicamente possibili e ai meccanismi di rottura. Si procede, poi, con lo studio statistico delle traiettorie dei massi in caduta dai fronti lapidei e con la mappatura delle aree a rischio per caduta massi e si forniscono indicazioni sugli interventi di mitigazione del rischio, nelle tre tipologie "attiva", "passiva" e "mista" e sui relativi criteri di scelta.

L'ultima parte del corso è volta allo studio: delle tipologie delle fondazioni delle opere di ingegneria, in funzione del modello geologico e geotecnico del terreno in cui esse saranno realizzate, distinguendo quelle superficiali (plinti, travi rovesce, platee continue), da quelle profonde (su pali e su pozzi), e alla definizione del modello geologico e geotecnico, che influisce in maniera determinante sulle modalità esecutive delle gallerie.

## PROGRAMMA

| ORE | Lezioni                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|-----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 6   | Definizioni e campi di applicazione della geotecnica; meccanica delle rocce sciolte e lapidee; il terreno come mezzo poroso e le proprietà indici; il principio di Terzaghi delle pressioni efficaci e la ripartizione degli sforzi tra le singole fasi del terreno. Tensioni geostatiche anche in presenza di capillarità. Tensioni principali e cerchio del Mohr. Permeabilità e legge di Darcy. Moti di filtrazione confinati e a superficie libera, mono e bidimensionali, in regime permanente.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 6   | Teoria della consolidazione; comportamento drenato e non drenato dei terreni; cedimento immediato, di consolidazione e totale; grado di consolidazione dell'ammasso; metodo edometrico per il calcolo dei cedimenti; resistenza al taglio dei terreni in condizioni drenate e non drenate in condizioni di picco e residue..                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 6   | Prove di laboratorio - strumentazione, metodologia ed elaborazione dei dati sperimentali: determinazione delle proprie indici; analisi granulometriche per staccatura e sedimentazione; prove di permeabilità; prova di compressione edometrica; prova di taglio diretto di tipo drenato; prove triassiali consolidata drenata, non consolidata non drenata e consolidata non drenata con misura delle pressioni interstiziali.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 3   | Ammassi rocciosi fessurati; caratteristiche strutturali delle superfici di discontinuità; metodologia di rilievo e tecniche di elaborazione statistica dei dati raccolti con i rilievi geostrutturali. Rappresentazione delle superfici di discontinuità mediante le proiezioni stereografiche ed applicazioni.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 5   | Proprietà meccaniche delle rocce lapidee: resistenza a compressione, a trazione e al taglio lungo le superfici di discontinuità. Attrezzatura di laboratorio. Criteri di rottura di Mohr-Coulomb, Patton, Jagger Barton, Ladanyi ed Archambault, Hoek e Bray. Classificazioni geomeccaniche. Analisi delle condizioni di stabilità degli ammassi rocciosi fessurati: modello "rigido-discontinuo". Spostamenti cinematicamente possibili e meccanismi di rottura. Valutazione della "pericolosità" di un ammasso roccioso. Tipologie degli interventi di mitigazione del rischio di caduta massi: "passiva", "attiva". Barriere paramassi ad elevato assorbimento di energia, rilevati paramassi, valli e gallerie paramassi. Pannelli di rete e di funi. Tiranti del tipo "a bulbo iniettato". Imbracature con funi ancorate a tiranti e placcaggio diretto. |

|            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 6          | Fondazioni superficiali e su pali e relativa scelta sulla base del modello geologico e geotecnico. Gallerie superficiali e profonde; modello geologico e geotecnico; metodologie di scavo e rivestimento di tipo tradizionale e meccanizzato. Cenno sull'approccio classico NATM; cenno sul sistema ADECO-RS.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| <b>ORE</b> | <b>Laboratori</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 24         | Applicazioni di laboratorio per la caratterizzazione delle rocce sciolte e lapidee. Rilievo geostrutturale. Studio delle traiettorie dei massi in caduta dai fronti rocciosi: generalità; criteri di previsione "lumped mass" bidimensionali e tridimensionali; analisi statistica dei risultati ottenuti, valutazione della "vulnerabilità" delle zone urbanizzate e mappatura delle aree a rischio di caduta massi. Scelta della tipologia delle fondazioni in relazione al modello geologico e geotecnico. Indagini di carattere geologico e geotecnico per lo studio di una galleria e scelta della tipologia di scavo (meccanizzato o tradizionale). |

## MODULO GEOLOGIA TECNICA

*Prof.ssa CHIARA CAPPADONIA*

### TESTI CONSIGLIATI

•DISPENSE DEL DOCENTE.

•L. Scesi, M. Papini, P. Gattinoni, L. Longoni GEOLOGIA TECNICA - Idrogeologia applicata - Dinamica dei versanti - Strade, opere in sotterraneo, dighe Casa Editrice Ambrosiana

•F. Cestari –INDAGINI GEOGNOSTICHE IN SITO. Ed. Dario Flaccovio

A. Lagonegro e C. Romano - GEOLOGO: MANUALE PER LA PROFESSIONE– Ed. DEI

Murachelli A. e Riboni V. – Ed. Dario Flaccovio RISCHIO IDRAULICO E DIFESA DEL TERRITORIO

|                                                                    |                                               |
|--------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| <b>TIPO DI ATTIVITA'</b>                                           | C                                             |
| <b>AMBITO</b>                                                      | 21015-Attività formative affini o integrative |
| <b>NUMERO DI ORE RISERVATE ALLO STUDIO PERSONALE</b>               | 47                                            |
| <b>NUMERO DI ORE RISERVATE ALLE ATTIVITA' DIDATTICHE ASSISTITE</b> | 28                                            |

### OBIETTIVI FORMATIVI DEL MODULO

Acquisizione, elaborazione e rappresentazione di dati geologico-tecnici e geotecnici nell'ambito dei principali settori professionali della geologia.

Conoscenza del quadro normativo generale relativo alla professione del Geologo

Pianificazione tecnico economica delle campagne di indagini geologiche: Indagini geognostiche - Prove geotecniche di laboratorio - Indagini Geofisiche

Redazione di relazioni geologiche e relativi allegati cartografici con simulazione delle casistiche più frequenti e secondo le normative vigenti e le nuove disposizioni anche in termini di implementazione dei database.

## PROGRAMMA

|            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>ORE</b> | <b>Lezioni</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 1          | Introduzione al corso: il geologo e l'attività professionale.                                                                                                                                                                                                                                  |
| 2          | Il modello geologico nel DM 17/01/2018, Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC)                                                                                                                                                                                                                |
| 5          | Piani Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico; Direttiva Crolli Regione Siciliana; Microzonazione Sismica, Piani Regolatori; Piani di Protezione Civile: il ruolo del Geologo.                                                                                                          |
| 2          | Vulnerabilità degli acquiferi e discariche r.s.u. Normativa in materia di Acque e Rifiuti (D.Lgs. 152/2006 e ss.mm.ii.) problematiche, ruolo del geologo ed ambiti di applicazione                                                                                                             |
| 2          | Proprietà fisiche e classificazioni tecniche delle rocce sciolte (Terre)                                                                                                                                                                                                                       |
| 4          | Indagini geognostiche - Sondaggi meccanici - Tipologia e scopi - Metodologie d'esecuzione - Apparecchiature – Carotieri e campionatori - Strumenti di controllo e monitoraggio - Prove in sito. Prospezioni geofisiche. Prezzario e Capitolato speciale d'appalto per le indagini geognostiche |
| <b>ORE</b> | <b>Laboratori</b>                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 8          | Strumentazione di laboratorio geotecnico esercitazione su descrizione di sondaggi; analisi carte PAI; esercitazione su calcolo dei costi di una campagna di indagine                                                                                                                           |
| 4          | Principali software di supporto alle analisi di dati geologici                                                                                                                                                                                                                                 |