

**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO-BICOCCA**

**Scuola di Scienze**



**REGOLAMENTO DIDATTICO E PROGRAMMI DEGLI  
INSEGNAMENTI DEL CORSO DI LAUREA IN**

# **SCIENZE E TECNOLOGIE GEOLOGICHE**

**Anno Accademico 2018-2019**

***(Laurea Magistrale)***

([www.unimib.it](http://www.unimib.it) - [www.disat.unimib.it](http://www.disat.unimib.it))

## INDICE

### REGOLAMENTO DIDATTICO

Presentazione	pag. 3
Obiettivi formativi specifici e descrizione del percorso formativo	pag. 3
Area di Scienze della Terra: conoscenze di base	pag. 5
Area di Scienze della Terra: Geologia applicata	pag. 5
Area di Scienze della Terra: Geologia marina	pag. 5
Area di Scienze della Terra: Geologia e Geodinamica	pag. 6
Profili professionali e sbocchi occupazionali	pag. 7
Norme relative all'accesso	pag. 8
Organizzazione del corso di Laurea Magistrale	pag. 8
Tirocini formativi e di orientamento	pag. 10
Accordi per la mobilità internazionale	pag. 10
Forme didattiche	pag. 11
Modalità di verifica del profitto	pag. 11
Frequenza	pag. 11
Piano di studio	pag. 11
Propedeuticità	pag. 11
Attività di orientamento e tutorato	pag. 11
Scansione delle attività formative e appelli d'esame	pag. 11
Prova finale	pag. 12
Riconoscimento CFU e modalità di trasferimento	pag. 12
Attività di ricerca a supporto delle attività formative	pag. 12
Docenti del corso di studio	pag. 12
Altre informazioni	pag. 13

### CONTENUTI DEGLI INSEGNAMENTI

#### 1° ANNO

Geologia dei bacini sedimentari	pag. 17
Geodinamica e geologia strutturale	pag. 17
Idrogeologia	pag. 19
Geobiologia	pag. 20
Geotecnica applicata	pag. 22
Statistica	pag. 23
Introduzione alla geografia fisica marina	pag. 25
Metodi di indagine geologico-tecnica	pag. 26
Prospezioni geofisiche	pag. 27
Fisica del mare	pag. 29
Biofacies	pag. 30
Geologia stratigrafica e regionale	pag. 32
Tettonica attiva e vulcanotettonica	pag. 33
Geologia del vulcanico	pag. 34
Valutazione dei rischi geologici	pag. 35
Stabilità dei versanti	pag. 36
Petrogenesi degli ambienti geodinamici	pag. 38
Petrografia del sedimentario	pag. 40

#### 2° ANNO

Geocronologia e archeometria	pag. 42
Georisorse minerarie e lapidei	pag. 43
Geoenergia	pag. 47
Paleoceanografia e paleoclimatologia	pag. 48
Modellazione 3D	pag. 49
Metodi di analisi geologico-strutturale	pag. 50
Laboratorio modellazione idrogeologica	pag. 52
Applicazioni GIS avanzate	pag. 53
Geofisica applicata	pag. 54
Scavo e consolidamento terre e rocce	pag. 55

**LAUREA MAGISTRALE  
IN  
SCIENZE E TECNOLOGIE GEOLOGICHE D.M. 22/10/2004, n. 270  
Geological Sciences and Technologies**

**REGOLAMENTO DIDATTICO – ANNO ACCADEMICO 2018-2019**

**Presentazione**

Il Corso di Laurea Magistrale in Scienze e Tecnologie Geologiche appartiene alla Classe delle Lauree Magistrali in Scienze e Tecnologie Geologiche. (LM. 74), ha una durata di due anni e comporta l'acquisizione di 120 crediti formativi universitari (CFU) per il conseguimento del titolo di studio. Il corso prevede tre Curricula: Geologia Applicata, Geologia e Geodinamica, Geologia marina. Sono previsti da

11 a 12 esami a seconda del curriculum scelto, che prevedono l'acquisizione di 88 o 86 CFU a seconda del curriculum scelto. I restanti crediti saranno acquisiti attraverso altre attività formative quali, tirocini e la prova finale. Indicativamente, gli esami previsti sono 8 al primo anno e 4 al secondo a seconda dei CFU degli insegnamenti scelti.

Il corso di studio è ad accesso libero e prevede un colloquio per valutare la personale preparazione.

In considerazione del fatto che alcuni insegnamenti obbligatori sono tenuti in lingua inglese, è auspicabile che gli studenti che si iscrivono al Corso di Laurea Magistrale abbiano una conoscenza della lingua inglese di livello B2 o superiore.

Il titolo consente l'accesso a Master di secondo livello e al Dottorato di Ricerca presso l'Università degli Studi di Milano-Bicocca o presso altri Atenei secondo le modalità stabilite nei rispettivi regolamenti.

L'Ateneo e l'Università della Michigan Technological University (USA) hanno in corso un programma di studi congiunto finalizzato al conseguimento della doppia laurea: Laurea Magistrale in Scienze Geologiche e Master of Science in Geological Sciences.

Al termine degli studi viene rilasciato il titolo di Laurea Magistrale in Scienze e tecnologie Geologiche.

Il laureato magistrale in Scienze e Tecnologie Geologiche ha la possibilità di iscriversi alla sezione A (geologo senior) dell'albo professionale dell'Ordine dei Geologi previo superamento dell'Esame di Stato.

Il Corso di Laurea intende guidare lo studente dalla fase di raccolta e analisi dei dati geologici verso quella di elaborazione, interpretazione, decisione e gestione, ed è stato strutturato in modo da costituire una logica e armonica prosecuzione del corso di Laurea in Scienze e Tecnologie Geologiche di 1° livello attivato presso il presente Ateneo. Per conseguire il titolo di studi nei tempi e nei termini previsti, è opportuno che lo studente possieda attitudine per il tipo di studi che intraprende. E' richiesta inoltre la disponibilità a svolgere una parte dell'apprendimento e del lavoro di tesi sul terreno o in mare.

Il Corso è offerto dal Dipartimento di Scienze dell'Ambiente e della Terra, che è stato selezionato dal MIUR come uno dei cinque Dipartimenti di eccellenza in Scienze della Terra in Italia.

In passato (XIX indagine AlmaLaurea) i laureati magistrali del corso hanno riportato un tasso di occupazione a un anno dal conseguimento del titolo pari a 78,9% (a fronte di una media nazionale di 69,9%). In passato il 66,7% degli immatricolati si è laureato in corso o non più di un anno fuori corso a fronte del 75,4% di laureati in corso o non più di un anno fuori corso nello stesso tipo di studi a livello nazionale (dati Anagrafe Nazionale Studenti)

**Obiettivi formativi specifici e descrizione del percorso formativo**

**Obiettivi formativi specifici**

Il corso di Laurea Magistrale si colloca perfettamente all'interno degli standard europei di riferimento per le Scienze della Terra e fornirà competenze di tipo specialistico, con particolare riguardo alle discipline geologiche, geo-biologiche, geologico-applicative, petrografiche e geofisiche in ambiente terrestre e marino. Particolare enfasi verrà posta allo studio e alla valutazione della pericolosità e del rischio connesso a fenomeni endogeni ed esogeni a grande scala, alla comprensione delle complesse interazioni tra evoluzione tettonica e sedimentazione nei vari contesti geodinamici e alla valutazione e all'utilizzo delle risorse naturali e delle materie prime.

Il Corso di Laurea Magistrale prevede una parte comune con insegnamenti volti ad ampliare la preparazione acquisita nel Corso di Laurea di primo livello nell'area di Scienze della Terra, o in corsi di laurea affini, e a fornire le conoscenze necessarie ad affrontare insegnamenti più specifici. Il laureato acquisirà competenze specialistiche per raccogliere, gestire, analizzare ed elaborare informazioni di tipo geologico relative a problematiche connesse con l'ambiente terrestre e marino, attraverso l'utilizzo di tecniche avanzate. Il Laureato avrà inoltre la capacità di sintetizzare dati di differente tipologia, anche a carattere multidisciplinare, attraverso l'applicazione dei metodi più moderni e delle tecnologie più avanzate proprie delle Scienze della Terra o a queste correlate.

Il corso comprende un adeguato numero di insegnamenti a carattere teorico e pratico, corredati da numerose esercitazioni in laboratorio e sul terreno, distribuiti in modo tale da coprire diversi ambiti disciplinari.

Il corso fornirà inoltre ai laureati la capacità di elaborare soluzioni e di sviluppare strategie per risolvere problematiche a terra e in mare, connesse in particolare ai seguenti argomenti:

- studio dei processi tettonici, geodinamici, petrologici, vulcanici e sedimentari attivi anche con applicazione alla ricerca di combustibili fossili e di fonti di energia alternative;
- gestione e difesa dai rischi geologici e idrogeologici in ambiente terrestre e costiero;

- applicazioni geologico-tecniche, geofisiche, geomeccaniche e geologico-strutturali connesse all'ingegneria civile nell'ambito di una gestione sostenibile del territorio;
- caratterizzazione delle morfologie, degli habitat del sistema marino sia costiero che profondo, dei parametri fisico-chimici che caratterizzano le masse d'acqua oceaniche;
- ricostruzione dell'evoluzione e dei cambiamenti negli ambienti marini a seguito dei cambiamenti globali sia recenti che passati;
- prospezione, caratterizzazione e valutazione d'utilizzo delle materie prime industriali anche con applicazioni tecnologiche;
- caratterizzazione e gestione delle georisorse e dei beni culturali;
- sfruttamento delle risorse idriche.

Gli insegnamenti previsti forniranno, inoltre, ai laureati gli strumenti conoscitivi necessari a sviluppare la capacità di studiare in modo autonomo e auto-diretto, attraverso testi avanzati e riviste scientifiche specialistiche anche in lingua straniera. Il Corso di Laurea magistrale fornirà ai laureati le competenze necessarie per comunicare con chiarezza i risultati delle proprie ricerche e valutazioni ad interlocutori anche non specialisti della disciplina e/o stranieri, attraverso l'utilizzo di una lingua dell'Unione Europea, con particolare riferimento alla lingua inglese.

Il corso fornirà le competenze necessarie alla preparazione di una tesi di laurea con contenuti scientifici e/o applicativi originali, connessi ad uno dei campi di specializzazione previsti nell'ambito dei curricula attivati.

Tali obiettivi formativi verranno raggiunti dagli studenti anche attraverso i seguenti tipi di attività:

- approfondimento autonomo di alcuni argomenti, utilizzando testi avanzati e articoli di riviste specialistiche internazionali in lingua inglese;
- preparazione di relazioni individuali o di gruppo orali e/o scritte anche in lingua straniera (preferenzialmente in lingua inglese);
- utilizzo di strumenti di lavoro di tipo specialistico in modo autonomo (SIT, software specifici), nell'ambito dei laboratori e delle esercitazioni, comprendente anche la consultazione di banche dati on-line attraverso internet, con preparazione di elaborati scritti e relazioni.

Nell'ambito del Corso di Laurea Magistrale saranno attivati tre curricula, volti a fornire competenze specialistiche negli specifici campi prima descritti, che riflettono le competenze scientifiche e culturali sviluppate nell'ambito di questa sede e le richieste del mercato del lavoro:

- **Curriculum Geologia applicata**
- **Curriculum Geologia marina**
- **Curriculum Geologia e Geodinamica**

Per l'acquisizione di specifiche competenze nell'ambito della **GEOLOGIA APPLICATA**, sono previsti insegnamenti d'ambito geologico applicativo e geofisico che permetteranno al laureato di affrontare problemi inerenti l'applicazione delle conoscenze geologiche alla pianificazione del territorio, alla valutazione e mitigazione del rischio e della pericolosità geologica, alla caratterizzazione e modellazione degli acquiferi per la gestione delle risorse idriche e per l'analisi dei contaminanti, a problemi di ingegneria civile per la realizzazione di opere superficiali e in sotterraneo. Tali insegnamenti permetteranno di approfondire argomenti di base nel campo della geologia applicata, della geofisica e delle georisorse e di acquisire nuove conoscenze su tematiche specifiche, quali la valutazione del rischio geologico e la stabilità dei pendii. Sono previsti inoltre corsi a libera scelta e corsi a carattere più pratico, per l'acquisizione di tecniche di analisi delle problematiche geologiche attraverso il rilevamento geologico-tecnico e geofisico a terra e la modellistica applicativa al computer.

Per l'acquisizione di specifiche competenze nell'ambito della **GEOLOGIA MARINA** sono attivati insegnamenti a carattere generale d'ambito geologico, geodinamico, geo-biologico, geomorfologico, geofisico e di oceanografia fisica, in alcuni casi comprensivi delle tecniche di rilevamento geofisico e di oceanografia fisica, in alcuni casi comprensivi delle tecniche di rilevamento geologico-tecnico e geofisico in mare e delle tecniche di campionamento al fondo e nella colonna d'acqua. Le conoscenze trasmesse saranno principalmente finalizzate a consentire una corretta valutazione dei processi d'interazione tra atmosfera, biosfera, idrosfera e geosfera, della natura dei flussi bio-geochimici che caratterizzano l'ecosistema marino e del rischio e della pericolosità in aree di piattaforma e scarpata continentale. Sono inoltre previsti insegnamenti di ambito geo-biologico mirati all'analisi degli ambienti marini attuali e alla ricostruzione degli ambienti marini del recente passato, anche in funzione dei cambiamenti climatici olocenici e quaternari e della storia dell'impatto umano. Sono previsti inoltre corsi a libera scelta e corsi a carattere più pratico, per l'acquisizione di tecniche di analisi delle problematiche geologiche attraverso il rilevamento geologico-tecnico e geofisico in mare e la modellistica applicativa al computer.

Per l'acquisizione di specifiche competenze nell'ambito della **GEOLOGIA e GEODINAMICA** sono previsti insegnamenti specialistici nell'ambito dello studio dei processi tettonici, petrolologici, vulcanici e sedimentari, nonché nella loro rappresentazione e modellazione con tecniche numeriche che permetteranno al laureato di analizzare e interpretare processi geologici di tipo endogeno ed esogeno a grande scala, con particolare riferimento all'evoluzione tettonica dei margini attivi e ai fenomeni di erosione e sedimentazione a loro connessi. Nell'ambito dei corsi previsti, sarà analizzata in dettaglio l'evoluzione geologica passata dei margini di placca, con esempi regionali, i processi attivi e i relativi metodi di studio per la valutazione della pericolosità e del rischio. Particolare enfasi verrà data alle tecniche per la valutazione della pericolosità e del rischio vulcanico

e sismico alle problematiche connesse alle zone litorali e fluviali, alle indagini ed analisi volte a caratterizzare sedimenti e rocce legati alla geologia degli idrocarburi fossili.

Vengono di seguito espressi i risultati di apprendimento attesi, tramite i Descrittori europei del titolo di studio (DM 16/03/2007, art. 3, comma 7) e gli strumenti didattici con i quali ottenere e verificare le competenze richieste.

#### **Area di Scienze della Terra: Conoscenze di base**

##### **a) Conoscenza e capacità di comprensione** (knowledge and understanding)

L'offerta formativa comune ai tre curricula servirà a completare e irrobustire la preparazione e la capacità di comprensione nell'area delle Scienze della Terra, integrando e approfondendo quelle acquisite nel primo ciclo di studi, anche utilizzando metodi statistico- matematici.

##### **b) Capacità di applicare conoscenza e comprensione** (applying knowledge and understanding)

Abilità di comprensione e di applicazione delle conoscenze acquisite nella risoluzione di problemi geologici in contesti ampi e multidisciplinari. Capacità di applicare le competenze acquisite anche a situazioni nuove e problematiche.

Gli insegnamenti verranno organizzati in modo tale da fornire una visione ampia e multidisciplinare delle problematiche trattate. L'utilizzo dei Sistemi Informativi Territoriali e di apposite tecniche statistico/matematiche, nell'ambito delle esercitazioni degli insegnamenti e di appositi laboratori, consentiranno di utilizzare tecniche specialistiche in contesti di questo tipo. Le capacità acquisite verranno poi direttamente applicate in modo originale nelle attività previste per la prova finale (tesi) per la soluzione di particolari problemi.

Le competenze e capacità saranno conseguite e verificate, in particolare, nelle seguenti attività formative:

GEOLOGIA DEI BACINI SEDIMENTARI

GEODINAMICA E GEOLOGIA STRUTTURALE

PROSPEZIONI GEOFISICHE

STATISTICA

#### **Area Scienze della Terra: Geologia applicata**

##### **a) Conoscenza e comprensione**

Il laureato magistrale acquisirà la capacità di comprendere le problematiche geologico applicative e geofisiche in modo critico, valutando il livello di originalità delle teorie e dei concetti appresi. In particolare, il laureato sarà in grado di distinguere chiaramente tra conoscenze consolidate nella letteratura (es: concetto di sforzo efficace, criterio di rottura Mohr Coulomb) e teorie innovative oggetto di ricerca avanzata. Il laureato sarà quindi in grado di elaborare idee originali rispetto alla conoscenza più consolidata.

##### **b) Capacità di applicare conoscenza e comprensione**

Le competenze acquisite tramite insegnamenti d'ambito geologico applicativo e geofisico permetteranno al laureato di affrontare problemi inerenti la pianificazione del territorio, la valutazione e mitigazione del rischio e della pericolosità geologica, la caratterizzazione e modellazione degli acquiferi per la gestione delle risorse idriche e per l'analisi dei contaminanti, oltre a problemi di ingegneria civile per la realizzazione di opere superficiali e in sottoterraneo. Queste competenze saranno acquisite tramite la frequentazione di laboratori didattici/informatici, nei quali vengono utilizzati strumenti e software "professionali" per lo studio di casi reali che gli studenti dovranno risolvere in modo autonomo. Particolare attenzione è dedicata a problemi di tipo interdisciplinare che richiedono uno sforzo ulteriore per l'applicazione contemporanea delle conoscenze necessarie alla soluzione del problema.

Le competenze e capacità saranno conseguite e verificate, in particolare, nelle seguenti attività formative:

IDROGEOLOGIA

METODI DI INDAGINE GEOLOGICO-TECNICA

GEOTECNICA APPLICATA

GEORISORSE MINERARIE E LAPIDEI

STABILITÀ DEI VERSANTI

VALUTAZIONE DEI RISCHI GEOLOGICI

LABORATORIO MODELLAZIONE IDROGEOLOGICA

APPLICAZIONI GIS AVANZATE

SCAVO E CONSOLIDAMENTO TERRE E ROCCE

GEOFISICA APPLICATA

GEOENERGIA

#### **Area di Scienze della Terra: Geologia Marina**

##### **a) Conoscenza e comprensione**

Il laureato magistrale acquisirà competenze nell'ambito geomorfologico, geobiologico, geofisico e oceanografico fisico e inerenti le tecniche di rilevamento geologico-tecnico e geofisico in mare, per la caratterizzazione geomorfologica e la valutazione del rischio e della pericolosità in aree di piattaforma e scarpata continentali. Sono inoltre previsti insegnamenti d'ambito geobiologico, comprendenti le tecniche di campionamento al fondo e nella colonna d'acqua, per la valutazione dell'interazione biosfera-idrosferageosfera, dei flussi bio- geochimici e per la ricostruzione degli ambienti marini attuali e del recente passato, anche in funzione dei cambiamenti climatici olocenici e quaternari.

### **b) Capacità di applicare conoscenza e comprensione**

Le conoscenze e le capacità di analisi acquisite permetteranno di affrontare tematiche di ricerca di base e applicata nell'ambiente marino consentendo la realizzazione di carte geomorfologiche e batimetriche, carte dei sedimenti e della geologia superficiale e i dati fondamentali per la realizzazione delle carte degli habitat. Inoltre i laureati magistrali potranno fornire contributi significativi nelle analisi sui cambiamenti che gli ecosistemi marini hanno subito nel corso del Pleistocene e Olocene. Le competenze e capacità saranno conseguite e verificate, in particolare, nelle seguenti attività formative:

GEOBIOLOGIA

BIOFACIES

INTRODUZIONE ALLA GEOGRAFIA FISICA MARINA

FISICA DEL MARE

GEOCRONOLOGIA E ARCHEOMETRIA

GEORISORSE MINERARIE E LAPIDEI

PALEOCEANOLOGIA E PALEOCLIMATOLOGIA

### **Area di Scienze della Terra: Geologia e Geodinamica**

#### **a) Conoscenza e comprensione**

Il laureato magistrale acquisirà competenze nell'ambito dello studio dei processi tettonici, petrologici, vulcanici e sedimentari, nonché nella loro rappresentazione e modellazione con tecniche numeriche che permetteranno al laureato di analizzare e interpretare processi geologici di tipo endogeno ed esogeno a grande scala, con particolare riferimento all'evoluzione tettonica e petrogenetica dei margini attivi e ai fenomeni di erosione e sedimentazione a loro connessi.

#### **b) Capacità di applicare conoscenza e comprensione**

Le conoscenze acquisite consentiranno di analizzare in dettaglio sia l'evoluzione geologica passata dei margini di placca a livello regionale, sia i processi attivi per la valutazione della pericolosità e del rischio vulcanico e sismico. In particolare, il laureato potrà applicare analisi multidisciplinari, comprendenti moderne tecniche per la raccolta dei dati di terreno, alle problematiche connesse alle zone litorali e fluviali, a problematiche di tipo geologico-strutturale, energetiche, dei geomateriali e all'archeometria.

Le competenze e capacità saranno conseguite e verificate, in particolare, nelle seguenti attività formative:

PETROGENESI DEGLI AMBIENTI GEODINAMICI

PETROGRAFIA DEL SEDIMENTARIO

GEOLOGIA STRATIGRAFICA E REGIONALE

TETTONICA ATTIVA E VULCANOTETTONICA

METODI DI ANALISI GEOLOGICO-STRUTTURALE

GEOLOGIA DEL VULCANICO

GEOCRONOLOGIA E ARCHEOMETRIA

GEORISORSE MINERARIE E LAPIDEI

IDROGEOLOGIA GENERALE

METODI DI INDAGINE GEOLOGICO-TECNICA

MODELLAZIONE GEOLOGICA 3D

APPLICAZIONI GIS

GEOFISICA APPLICATA

GEOENERGIA

#### **c) Autonomia di giudizio (making judgements)**

Il laureato acquisirà la capacità di caratterizzare e valutare l'affidabilità delle informazioni raccolte, il livello di incertezza nei dati e nelle misure e la complessità dei modelli disponibili per la soluzione dei problemi.

Questa capacità permetterà quindi al laureato di valutare in modo autonomo i problemi e di formulare soluzioni anche sulla base di informazioni limitate o incomplete. Ulteriore aspetto che verrà acquisito dai laureati è la capacità di valutare le conseguenze delle scelte effettuate e delle soluzioni proposte sul contesto ambientale e socio-economico. Tutte queste competenze sono sviluppate attraverso lo studio e la discussione in aula di casi reali.

#### **d) Abilità comunicative (communication skills)**

Il laureato acquisirà la capacità di comunicare in modo sintetico ed efficace le proprie valutazioni e proposte di soluzione sia ad un pubblico specialistico (es: convegni, colleghi) che non specialistico (clienti, popolazione).

Quest'ultimo aspetto è fondamentale per le tematiche di gestione del rischio perché le valutazioni tecniche del laureato in discipline geologiche devono essere trasmesse in modo chiaro ai policy makers. Le capacità di comunicazione, sia orale, sia scritta, sono sviluppate attraverso relazioni scritte delle attività e di ricerche autonome di approfondimento e tramite discussioni in aula delle problematiche studiate. Inoltre il laureato avrà acquisito una capacità di comunicare con chiarezza i risultati delle proprie ricerche e valutazioni ad interlocutori anche non specialisti della disciplina e/o stranieri, attraverso l'utilizzo di una lingua dell'Unione Europea, con particolare riferimento all'Inglese.

#### **e) Capacità di apprendimento (learning skills)**

Il laureato acquisirà la capacità di apprendere in modo autonomo nuovi concetti e nuove teorie attingendo sia alla letteratura italiana sia a quella straniera, prevalentemente in lingua inglese. Questa capacità è sviluppata attraverso ricerche autonome di approfondimento delle tematiche studiate. Ciò gli consentirà di approfondire le proprie conoscenze in modo largamente autodiretto e autonomo, identificando le tipologie di informazioni più

idonee (testi avanzati, riviste scientifiche specialistiche e strumenti didattici di vario tipo anche in lingua straniera) alla risoluzione delle problematiche di tipo geologico. In numerosi insegnamenti gli studenti dovranno approfondire in modo autonomo alcuni argomenti, utilizzando testi avanzati e articoli di riviste specialistiche internazionali in lingua inglese messi a disposizione dai sistemi bibliotecari dell'Ateneo. Il livello di apprendimento raggiunto verrà valutato in base a prove d'esame e alla stesura di relazioni, preferibilmente in lingua inglese.

Analogamente, anche le attività per la preparazione della prova finale implicheranno la necessità di approfondire particolari argomenti

### **Profili professionali e sbocchi occupazionali**

I laureati nei Corsi di Laurea Magistrale della classe potranno trovare sbocchi professionali nell'esercizio d'attività implicanti assunzione di responsabilità, di programmazione, progettazione, direzione di lavori, collaudo e monitoraggio degli interventi geologici, di coordinamento e/o direzione di strutture tecnico-gestionali, di analisi, sintesi, elaborazione, redazione e gestione di modelli e applicazioni di dati, anche mediante l'uso di metodologie innovative.

La scelta dei profili professionali e degli sbocchi occupazionali è basata sulle seguenti considerazioni:

- esperienza maturata dai laureati in Scienze Geologiche e in Scienze e Tecnologie Geologiche in Lombardia;
- risultato di una indagine a livello nazionale sulle opportunità di inserimento lavorativo e sulla preparazione necessaria per i Laureati in Scienze Geologiche, condotta presso Enti Pubblici (Regioni, Province e Comuni con almeno 50.000 abitanti) e Aziende che svolgono attività nel campo delle Scienze della Terra;
- risultati di più incontri organizzati dalla Facoltà di Scienze MFN in collaborazione con Assolombarda e dal coordinamento del corso di laurea in Scienze e Tecnologie Geologiche, a cui hanno partecipato una ventina di rappresentanti di imprese del territorio per la presentazione dei principi ispiratori dell'ordinamento del Corso di Laurea in Scienze e Tecnologie Geologiche in applicazione del DM 270/2004. Oltre ad un generale parere positivo sul corso proposto in relazione alle attività produttive del territorio interessate all'inserimento dei laureati, è stata sottolineata l'importanza di fornire solide conoscenze di base agli studenti, tali da facilitare il successivo apprendimento di contenuti e abilità tecniche di specifico interesse dell'azienda presso la quale potranno trovarsi ad operare.

Particolare importanza è stata data alle attività di terreno, alle conoscenze linguistiche, informatiche e relazionali. Il Presidente dell'Ordine dei Geologi della Lombardia ha sottolineato la necessità di formare geologi con maggiore "coscienza" del proprio ruolo, auspicando che rimanga aperto anche il confronto con il mondo della formazione Universitaria.

La preparazione conseguita consentirà di poter operare professionalmente in:

- cartografia geologica e tematica a terra e in mare;
- redazione, per quanto riguarda la componente geologica, di piani per l'urbanistica, il territorio, l'ambiente e le georisorse con le relative misure di salvaguardia;
- analisi, prevenzione e mitigazione dei rischi geologici, idrogeologici e ambientali a terra e in mare;
- analisi del rischio geologico ai fini di Protezione Civile, tramite programmazione di interventi in fase di prevenzione e di emergenza;
- analisi, recupero e gestione di siti degradati e siti estrattivi dismessi mediante l'analisi e la modellizzazione dei sistemi e dei processi geoambientali e relativa progettazione, direzione dei lavori, collaudo e monitoraggio;
- analisi e gestione informatizzata di dati territoriali attraverso l'utilizzo di Sistemi Informativi Territoriali, con particolare riferimento ai problemi geologico-ambientali;
- studi per la valutazione dell'impatto ambientale (VIA) e la valutazione ambientale strategica (VAS) sia per opere sulla terraferma che in mare;
- indagini geognostiche e geofisiche per l'esplorazione del sottosuolo, definendone l'appropriato modello geologico-tecnico e la pericolosità ambientale sia a terra che in mare;
- analisi tecnica dei materiali geologici come supporto alla realizzazione di opere d'ingegneria civile;
- modellazione di processi geologici s.l. (es. stabilità dei pendii, circolazione idrica, scavi in sotterraneo, ricostruzioni 2D e 3D, etc.);
- caratterizzazione di acquiferi per la gestione delle risorse idriche e modellazione di problemi di deflusso sotterraneo e propagazione di sostanze contaminanti;
- reperimento, valutazione economica, e gestione delle georisorse, comprese quelle idriche e dei geomateriali d'interesse industriale e commerciale;
- direzione delle attività estrattive;
- analisi e gestione degli aspetti geologici, idrogeologici e geochimici dei fenomeni d'inquinamento e dei rischi conseguenti;
- definizione degli interventi di prevenzione, mitigazione dei rischi, anche finalizzati alla redazione di piani per le misure di sicurezza nei luoghi di lavoro;
- coordinamento della sicurezza nei cantieri temporanei e mobili;
- valutazione e prevenzione per gli aspetti geologici del degrado dei beni culturali ambientali e attività di studio;
- progettazione, direzione dei lavori e collaudo relativi alla conservazione dei beni artistici;
- indagini petrografiche per la certificazione dei materiali geologici tramite analisi delle caratteristiche fisico-meccaniche, mineralogico-geochimiche e paleontologiche
- analisi del degrado di monumenti lapidei e loro conservazione;
- direzione di laboratori di geotecnica;
- applicazioni di tipo archeometrico e geoarcheologico.

### **Seguendo i codici ISTAT, il corso prepara alle professioni di:**

- Geologi (2.1.1.6.1);

- Paleontologi (2.1.1.6.2);
- Geofisici (2.1.1.6.3);
- Cartografi e fotogrammetristi (2.2.2.2.0);
- Ricercatori e tecnici laureati nelle Scienze della terra (2.6.2.1.4).

Tali professionalità potranno trovare applicazione nei seguenti campi:

- Industria (idrocarburi, minerali e materie prime);
- Consulenza (Agenzie private, libera professione, Società di Ingegneria);
- Uffici pubblici (Servizi Geologici, Agenzie regionali e nazionali per la protezione dell'Ambiente, Agenzie interessate al suolo, all'acqua, alla pianificazione territoriale, ai rischi ambientali, alla conservazione dell'ambiente, all'agricoltura);
- Formazione e Ricerca nelle Università; Istituti pubblici e privati di Ricerca;
- Compagnie private (gestione di impianti idrici, discariche, riutilizzo materiali, infrastrutture, prospezioni e rilievi geologici e geofisici in mare);
- Insegnamento in Scienze della Terra/Geografia/Scienze;
- Divulgazione e Giornalismo scientifico.

Per quanto riguarda l'accesso alle professioni (D.P.R. 328/01 del 05.06.2001, GU del 17-08- 2001), la laurea magistrale in Scienze e Tecnologie Geologiche permette l'iscrizione nella sezione A (geologi), previo superamento di un esame di Stato.

### **Norme relative all'accesso**

L' accesso alla Laurea Magistrale in Scienze e Tecnologie Geologiche è aperto a tutti i laureati dei Corsi di Laurea appartenenti alla Classe della Laurea in Scienze Geologiche, a tutti gli altri laureati delle Facoltà di Scienze Matematiche Fisiche e Naturali, di Ingegneria e ai laureati in corsi di Laurea di tipo affine, ovvero ai laureati in possesso di altro titolo di studio conseguito all'estero, riconosciuto idoneo.

L'ammissione alla Laurea Magistrale è subordinata alla valutazione delle competenze e conoscenze del laureato. È richiesta una buona conoscenza dell'evoluzione del pianeta, dei materiali che lo compongono e dei processi che hanno portato alla formazione degli stessi. È previsto un colloquio di valutazione prima dell'inizio delle attività didattiche. Il colloquio verterà sulle conoscenze relative alla storia e all'evoluzione del nostro pianeta, dei materiali rocciosi che lo compongono e dei processi che hanno portato alla formazione degli stessi.

Le date e le modalità di svolgimento dei colloqui saranno pubblicate sul sito della Scuola di Scienze:

<http://www.scienze.unimib.it> e del Corso di Laurea: <http://elearning.unimib.it/course/view.php?id=17830>

Link: Ammissione ai corsi di laurea magistrale <https://www.unimib.it/immatricolazioni/2018-2019>

### **Organizzazione del Corso di Laurea Magistrale**

Il Corso di Laurea Magistrale in Scienze e Tecnologie Geologiche è articolato in tre curricula:

- Geologia applicata
- Geologia marina
- Geologia e Geodinamica

**Gli insegnamenti contrassegnati da (\*) sono impartiti in lingua inglese.**

### **Curriculum GEOLOGIA APPLICATA**

Il curriculum Geologia applicata prevede i seguenti insegnamenti che danno luogo a 11 esami:

PRIMO ANNO - 60 CFU - 8 esami

#### **ATTIVITÀ FORMATIVE CARATTERIZZANTI**

Insegnamenti obbligatori:

- Geologia dei bacini sedimentari, GEO/02 – 8 CFU
- Prospezioni geofisiche, GEO/11 – 8 CFU
- Idrogeologia, GEO/05 – 12 CFU
- Geodinamica e Geologia strutturale, GEO/03 – 8 CFU
- Metodi di indagine geologico-tecnica, GEO/05 – 6 CFU
- Geotecnica Applicata, ICAR/07 – 6 CFU

#### **ATTIVITÀ FORMATIVE AFFINI O INTEGRATIVE**

Insegnamento obbligatorio:

- Statistica, MAT/06 – 6 CFU
- Un insegnamento (6 CFU) a scelta tra:
- Stabilità dei versanti, GEO/05 – 6 CFU
- (\*) Valutazione dei rischi geologici, GEO/05 – 6 CFU

SECONDO ANNO - 60 CFU - 3 esami

#### **ATTIVITÀ FORMATIVE CARATTERIZZANTI**

Insegnamenti obbligatori:

- Georisorse minerarie e lapidei, GEO/09 – 6 CFU

#### **ATTIVITÀ FORMATIVE AFFINI O INTEGRATIVE**

Un insegnamento (4 CFU) a scelta tra:



- Scavo e consolidamento terre e rocce, GEO/05 – 4 CFU
- Laboratorio modellazione idrogeologica, GEO/05 – 4 CFU
- (\*) Geoenergia, GEO/05 – 4 CFU
- Applicazioni GIS Avanzate, GEO/05 – 4 CFU
- Geofisica Applicata, GEO/11 – 4 CFU

#### ALTRE ATTIVITÀ

- Insegnamenti a scelta dello studente per un totale di 16 CFU
- Tirocinio, 2 CFU
- Prova finale, 32 CFU

### **Curriculum GEOLOGIA MARINA**

Il curriculum Geologia marina prevede i seguenti insegnamenti che danno luogo a 11 esami:

PRIMO ANNO - 60 CFU - 8 esami

#### ATTIVITÀ FORMATIVE CARATTERIZZANTI

Insegnamenti obbligatori:

- Geologia dei bacini sedimentari, GEO/02 – 8 CFU
- Geodinamica e Geologia strutturale, GEO/03 – 8 CFU
- Prospezioni geofisiche, GEO/11 – 8 CFU
- \*Biofacies, GEO/01 – 8 CFU
- \*Geobiologia, GEO/01 – 8 CFU
- \*Fisica del mare, GEO/12 – 6 CFU
- \*Introduzione alla geografia fisica marina, GEO/04 – 8 CFU

#### ATTIVITÀ FORMATIVE AFFINI O INTEGRATIVE

Insegnamento obbligatorio:

- Statistica, MAT/06 – 6 CFU

SECONDO ANNO - 60 CFU- 3 esami

#### ATTIVITÀ FORMATIVE CARATTERIZZANTI

Un insegnamento (6 CFU) a scelta tra:

- (\*) Geocronologia e Archeometria, GEO/08 – 6 CFU
- Georisorse minerarie e lapidei, GEO/09 – 6 CFU

#### ATTIVITÀ FORMATIVE AFFINI O INTEGRATIVE

Insegnamento obbligatorio:

- \*Paleoceanografia e paleoclimatologia, GEO/01 – 6 CFU

#### ALTRE ATTIVITÀ:

- Insegnamenti a scelta dello studente per un totale di 16 CFU
- Tirocinio, 2 CFU
- Prova finale, 30 CFU

\*BIOFACIES/GEOBIOLOGIA/FISICA DEL MARE/INTRODUZIONE ALLA GEOGRAFIA FISICA MARINA/PALEOCEANOLOGIA E PALEOCLIMATOLOGIA sono impartiti in inglese.

### **Curriculum GEOLOGIA E GEODINAMICA**

Il curriculum Geologia e Geodinamica prevede i seguenti insegnamenti, che danno luogo a 12 esami:

PRIMO ANNO - 56 CFU - 8 esami

#### ATTIVITÀ FORMATIVE CARATTERIZZANTI

Insegnamenti obbligatori:

- Geologia dei bacini sedimentari, GEO/02 – 8 CFU
- Prospezioni geofisiche, GEO/11 – 8 CFU
- Geodinamica e Geologia strutturale, GEO/03– 8 CFU
- Petrogenesi degli ambienti geodinamici, GEO/07– 8 CFU

Due insegnamenti (12 CFU) a scelta tra:

- (\*) Petrografia del sedimentario, GEO/02 – 6 CFU
- (\*) Tettonica attiva e vulcanotettonica, GEO/03 – 6 CFU
- Geologia del vulcanico, GEO/03 – 6 CFU
- Geologia stratigrafica e regionale, GEO/02 – 6 CFU

Un insegnamento (6 CFU) a scelta tra:

- Idrogeologia generale, GEO/05 – 6 CFU
- Metodi di indagine geologico-tecnica, GEO/05 – 6 CFU

#### ATTIVITÀ FORMATIVE AFFINI O INTEGRATIVE

Insegnamento obbligatorio:

- Statistica, MAT/06 – 6 CFU

SECONDO ANNO - 64 CFU - 4 esami

#### ATTIVITÀ FORMATIVE CARATTERIZZANTI

Un insegnamento (6 CFU) a scelta tra:

- (\*) Geocronologia e Archeometria, GEO/08 – 6 CFU
- Georisorse minerarie e lapidei, GEO/09 – 6 CFU

#### ATTIVITÀ FORMATIVE AFFINI O INTEGRATIVE

Due insegnamenti (8 CFU) a scelta tra:

- (\*) Modellazione geologica 3D, GEO/03 – 4 CFU
- (\*) Geoenergia, GEO/05 – 4 CFU
- Applicazioni GIS avanzate, GEO/05 – 4 CFU
- Geofisica applicata, GEO/11– 4CFU
- (\*) Metodi di analisi geologico-strutturale, GEO/03 – 4 CFU

#### ALTRE ATTIVITÀ

- Insegnamenti a scelta dello studente per un totale di 16 CFU
- Tirocinio, 2 CFU
- Prova finale, 32 CFU

#### ATTIVITÀ FORMATIVE CARATTERIZZANTI

Queste attività comprendono insegnamenti che caratterizzano il Corso di Laurea Magistrale in Scienze e Tecnologie Geologiche. Gli insegnamenti sono concentrati soprattutto nel primo anno di corso. Per tali attività sono previsti 54 CFU per il Curriculum Geologia applicata, 60 CFU per il Curriculum Geologia marina e 56 CFU per il Curriculum Geologia e Geodinamica.

#### ATTIVITÀ FORMATIVE AFFINI O INTEGRATIVE

Le attività formative affini o integrative consentiranno di integrare e rafforzare le conoscenze acquisite, includendo argomenti e metodologie di insegnamento differenziate rispetto a quelle previste per gli insegnamenti caratterizzanti (es. attività di apprendimento sul terreno e campagne geologiche, laboratori pratici sui Sistemi Informativi Territoriali, laboratori pratici di varia tipologia, ecc.). Per tali attività sono previsti 16 CFU per il Curriculum Geologia applicata, 12 CFU per il Curriculum Geologia marina e 14 CFU per il Curriculum Geologia e Geodinamica

#### ATTIVITÀ FORMATIVE A SCELTA DELLO STUDENTE

Sono previsti 16 CFU a scelta autonoma dello studente, relativi a insegnamenti scelti tra tutti quelli attivati dall'Ateneo tra i corsi di secondo livello, purché coerenti con il percorso formativo del corso. Ai fini del conteggio del numero complessivo degli esami, le attività a libera scelta conterranno per un solo esame, qualunque sia il numero degli esami sostenuti per acquisire i 16 CFU.

La "Commissione piani di studio" valuterà l'adeguatezza delle scelte effettuate dallo studente.

#### TIROCINI FORMATIVI E DI ORIENTAMENTO

Il percorso formativo prevede un'attività di stage obbligatoria di 2 CFU, della durata di 50 ore, che può essere svolta sia presso il Dipartimento di Scienze dell'Ambiente e della Terra, sotto la guida di un docente universitario, sia all'esterno dell'Ateneo, sotto la guida di un tutor aziendale.

Lo stage è volto ad introdurre lo studente alle tecniche analitiche che verranno poi utilizzate per la realizzazione della tesi.

Informazioni dettagliate sulle procedure di attivazione dello stage sono disponibili sul sito web di Ateneo, nella sezione dedicata al servizio "Stage e Tirocini", all'indirizzo

<https://www.unimib.it/servizi/orientamento-stage-e-placement/stage-e-tirocini>

#### ACCORDI PER LA MOBILITA' INTERNAZIONALE DEGLI STUDENTI

Il Corso di Studio incoraggia i periodi di formazione all'estero sia in forma di frequenza di insegnamenti sia per lo svolgimento di attività di tirocinio sia per lo svolgimento di attività relative alla prova finale. Tali periodi vengono svolti nell'ambito di programmi di mobilità internazionale. I principali programmi ai quali il corso di studio partecipa per lo scambio di studenti e docenti sono Erasmus+ e Doppie Lauree. A questi si aggiungono il programma Erasmus Traineeship rivolto esclusivamente allo svolgimento di attività di tirocinio e di tesi triennale e magistrale in Europa, e il programma EXTRAEU per la preparazione di tirocini e tesi in co-tutela presso istituzioni di Istruzione superiore, centri di ricerca e ONG, in paesi extraeuropei.

Con il Programma Erasmus+ lo studente può fare un'esperienza di studio all'estero presso uno dei Partners Erasmus dell'Ateneo, per un periodo che può andare da un minimo di 3 mesi ad un anno, durante il quale potrà studiare e dare esami che saranno riconosciuti nel Piano di studi ai fini della

Laurea. Informazioni dettagliate e l'elenco degli Atenei convenzionati sono disponibili sul sito: <https://www.unimib.it/internazionalizzazione/mobilit%C3%A0/erasmus>

Il Programma Doppie Lauree prevede l'acquisizione di due titoli di studio, uno rilasciato dall' Ateneo e l'altro dall'Ateneo partner. A tal fine, l'Università degli Studi di Milano- Bicocca e la Michigan Technological University (USA), hanno in corso un programma di doppia laurea, con speciale enfasi agli aspetti legati alla Geologia strutturale, Vulcanologia, e Geologia applicata. Il completamento di quanto previsto nel piano di studio concordato fra gli Atenei consentirà l'acquisizione del doppio titolo in: Laurea Magistrale in Scienze e Tecnologie Geologiche e Master of Science Geology.

Ulteriori informazioni sul sito: <https://www.unimib.it/doppia-laurea-magistrale-scienze-e-tecnologiegeologiche>

Il Corso di Studio prevede una commissione dedicata alla mobilità internazionale degli studenti (Commissione Erasmus). La Commissione organizza ed effettua le selezioni dei candidati alla scadenza dei bandi, assiste gli studenti nella preparazione dei piani di studio da svolgere presso le Università estere e, al rientro, verifica le attività svolte durante il periodo di mobilità e presenta al CCD le richieste di riconoscimento in carriera delle stesse.

### **FORME DIDATTICHE**

Le attività didattiche consistono in lezioni frontali, esercitazioni, laboratori, e attività svolte direttamente sul terreno. Alcuni insegnamenti potranno essere impartiti in lingua inglese. L'acquisizione delle competenze e della professionalità da parte degli studenti viene misurata in crediti formativi universitari (CFU). I CFU rappresentano il lavoro di apprendimento dello studente, comprensivo delle attività formative attivate dal Corso di Laurea e dell'impegno riservato allo studio personale o da altre attività formative di tipo individuale. Un CFU corrisponde a 25 ore di lavoro complessivo, distribuite tra ore di lezione frontale, esercitazioni, laboratori, attività di terreno, studio individuale, attività di stage e tirocinio, e può avere le configurazioni che seguono:

- 7 ore di lezioni frontali in aula + 17 ore di studio personale;
- 12 ore di esercitazioni + 13 ore di studio personale;
- 12 ore di laboratorio + 13 ore di studio personale/riordino dei dati;
- 10 ore di attività di terreno + 15 ore per il riordino dei dati.

### **MODALITÀ DI VERIFICA DEL PROFITTO**

Le modalità di verifica del profitto degli studenti prevedono, per le discipline relative alle attività formative di tipo caratterizzante e affini/integrative, un esame o una prova finale orale o scritta con colloquio finale e con votazione in trentesimi. Eventuali relazioni scritte/orali potranno essere richieste dai docenti e, in questo caso, faranno parte integrante delle prove d'esame.

Per alcuni degli insegnamenti e per i tirocini formativi è richiesta una verifica della frequenza e una relazione scritta che dovrà essere approvata dai docenti stessi. Dettagli sulla modalità di verifica e valutazione di ogni singolo insegnamento previsto nel piano didattico sono reperibili sul sito e-learning del Corso di Studio alla voce INSEGNAMENTI <http://elearning.unimib.it/course/index.php?categoryid=2630>

### **FREQUENZA**

La frequenza alle lezioni, anche se non formalmente obbligatoria, è fortemente raccomandata. La partecipazione alle esercitazioni, laboratori e alle attività sul terreno relative all'anno di iscrizione, è obbligatoria (frequenza almeno del 75%). In casi particolari, in cui gli studenti siano impossibilitati a partecipare a tali attività, i singoli docenti potranno prevedere attività alternative, che dovranno comunque essere approvate dal Consiglio del Corso di Laurea.

### **PIANO DI STUDIO**

Il piano di studio è l'insieme delle attività formative obbligatorie, delle attività previste come opzionali e delle attività formative scelte autonomamente dallo studente in coerenza con il regolamento didattico del corso di studio e l'orientamento scelto.

All'atto dell'iscrizione al primo anno allo studente viene automaticamente attribuito un piano di studio, che costituisce il piano di studio statutario.

Successivamente lo studente deve presentare un proprio piano di studio con l'indicazione delle attività opzionali e di quelle a scelta.

Il piano di studio è approvato dal Consiglio di Coordinamento Didattico di Scienze della Terra. Le modalità e le scadenze di presentazione del piano sono definite dall'Ateneo. <https://www.unimib.it/servizi/segreterie/piani-degli-studi/area-scienze>

Il diritto dello studente di sostenere prove di verifica relative a una attività formativa è subordinato alla presenza dell'attività stessa nell'ultimo piano di studio approvato. Per quanto non previsto si rinvia al Regolamento Didattico d'Ateneo.

### **PROPEDEUTICITÀ**

Sebbene non siano state stabilite propedeuticità, si richiama l'attenzione sul fatto che il piano degli studi potrà portare alla Laurea Magistrale nei tempi previsti soltanto se ogni esame verrà sostenuto con esito positivo immediatamente dopo la fine dell'insegnamento stesso.

### **ATTIVITÀ DI ORIENTAMENTO E TUTORATO**

Il Consiglio di Coordinamento Didattico del Corso ha istituito un'apposita Commissione orientamento che si incaricherà di seguire l'attività di orientamento e tutorato per gli studenti del corso. Sarà inoltre disponibile un docente/tutor di riferimento per gli studenti iscritti al corso.

Il corso di studio partecipa agli "Open Day" della Scuola di Scienze e di Ateneo visibili alla pagina web di "Orientamento" di Ateneo. Durante tali attività è possibile visitare i laboratori del Dipartimento. L'Ateneo offre un servizio specifico (Servizio disabili e DSA <https://www.unimib.it/servizi/disabilit%C3%A0-e-dsa>) che si rivolge principalmente a future matricole e a studenti con disabilità o con disturbi specifici dell'apprendimento e propone sia supporto per i test di ingresso che per gli esami. Link inserito: <https://www.unimib.it/servizi/orientamento-stage-e-placement/iniziative-orientamento>

### **SCANSIONE DELLE ATTIVITÀ FORMATIVE E APPELLI D'ESAME**

Gli insegnamenti sono costituiti da unità didattiche distribuite in due semestri, ognuno dei quali prevede un periodo di interruzione per lo svolgimento degli esami. Al termine di ogni semestre e nei periodi di interruzione

della didattica sono previsti gli appelli d'esame (almeno 7 per ogni A.A. 5 ordinari e 2 straordinari). La stesura dell'orario delle attività didattiche sarà coordinata dalla Commissione orario. Le informazioni relative al calendario degli esami e orari delle lezioni, saranno disponibili sul sito internet del corso di studio (<http://www.disat.unimib.it>).

### **PROVA FINALE**

Lo svolgimento di una tesi scritta sperimentale originale e individuale, con importanti contenuti scientifici e/o applicativi, è il requisito per l'accesso alla prova finale. La tesi deve fornire un contributo originale allo sviluppo delle conoscenze nel campo delle Scienze Geologiche. Le attività per la preparazione della tesi saranno svolte dallo studente sotto la supervisione di un relatore. La prova finale consiste nella presentazione e discussione della tesi in seduta pubblica davanti ad una commissione di docenti.

Per essere ammesso alla prova finale, lo studente deve aver conseguito i crediti relativi alle attività previste dal Regolamento che, sommati a quelli da acquisire nella prova finale, gli consentiranno di ottenere 120 CFU. Le attività relative alla preparazione della prova finale comporteranno l'acquisizione di 30 CFU per il curriculum Geologia marina e 32 CFU per i curricula Geologia applicata e Geologia e geodinamica.

Prima di iniziare le attività di tesi e comunque almeno nove mesi prima della prova finale, lo studente deve consegnare in segreteria la dichiarazione di inizio attività di tesi disponibile sul sito <http://elearning.unimib.it/course/view.php?id=13464>.

La domanda dovrà essere controfirmata dallo studente e dai relatori interni. Nel caso di attività esterne all'Ateneo, dovrà essere allegata una lettera di accettazione firmata dal supervisore esterno e dal responsabile dell'ente ospitante. Gli studenti sono incoraggiati a scrivere l'elaborato di tesi in un'altra lingua dell'unione europea, con particolare riferimento alla lingua inglese. Dovrà comunque essere preparato un riassunto esteso dell'elaborato in lingua italiana e inglese (almeno 3-4 pagine) che dovrà pervenire in formato elettronico alla segreteria didattica del CdS ([geo.didattica@unimib.it](mailto:geo.didattica@unimib.it)).

La valutazione in centodecimi delle attività formative, che è stata espressa in trentesimi, sarà ottenuta mediando i singoli voti pesati per i crediti di ogni insegnamento. I membri della Commissione di Laurea, all'unanimità, potranno attribuire la lode sulla base della carriera scolastica (una o più lodi ottenute negli esami di profitto, media dei voti elevata, stesura della tesi in lingua straniera) e dei risultati scientifici ottenuti nelle attività relative alla prova finale.

Le date delle sessioni di laurea saranno disponibili sul sito <http://elearning.unimib.it/course/view.php?id=13464>

### **Riconoscimento CFU e modalità di trasferimento**

Il riconoscimento dei CFU acquisiti in attività formative svolte presso altri Corsi di Laurea Magistrale di questo o di altro Ateneo (senza limite per i CFU coinvolti) è soggetto all'approvazione del CCD di Scienze della Terra su proposta della Commissione Piani di Studio da esso nominata.

In base al D.M. 270/2004 e alla L. 240/2010, le università possono riconoscere come crediti formativi universitari le conoscenze e abilità professionali certificate individualmente ai sensi della normativa vigente in materia, nonché altre conoscenze e abilità maturate in attività formative di livello postsecondario alla cui progettazione e realizzazione l'università abbia concorso per un massimo di 12 CFU, complessivamente tra corsi di laurea e laurea magistrale. Tale riconoscimento è soggetto all'approvazione del CCD di Scienze della Terra su proposta della Commissione Piani di Studio da esso nominata.

### **Attività di ricerca a supporto delle attività formative che caratterizzano il profilo del corso di studio**

I docenti che svolgono attività formative afferiscono nella quasi totalità al Dipartimento di Scienze dell'Ambiente e della Terra (DISAT), presso il quale vengono svolte attività di ricerca in vari campi delle Scienze della Terra e nelle sue applicazioni soprattutto nei seguenti ambiti:

- Paleontologia: Geobiologia e paleoecologia, Paleoclimatologia, Micropaleontologia;
- Geologia stratigrafica: petrografia del sedimentario;
- Geologia strutturale: analisi della deformazione fragile e duttile, cartografia geologico strutturale, ricostruzioni 3d, geologia del vulcanico, neotettonica, vulcano tettonica, ricostruzioni geodinamiche;
- Geomorfologia; geomorfologia marina, geomorfologia fluviale;
- Geologia applicata: geotecnica, geomeccanica, geomorfologia quantitativa, idrogeologia, telerilevamento e fotointerpretazione, valutazione della pericolosità e del rischio, analisi di stabilità;
- Mineralogia: mineralogia generale e applicata;
- Petrografia: igitnea e metamorfica, magmatologia interazione roccia-fluido;
- Geochemica: geochemica isotopica, geochemica ambientale, geocronologia, archeometria;
- Georisorse: valutazione delle materie prime, pietre ornamentali, materiali lapidei;
- Fisica e geofisica: meccanica e proprietà reologiche delle rocce, fluidodinamica geofisica.

### **Docenti del corso di studio**

GEO/01 Daniela Basso, Geobiologia, Biofacies;  
GEO/01 Elisa Malinverno, Biofacies, Paleocceanografia e paleoclimatologia;  
GEO/02 Eduardo Garzanti, Geologia dei bacini sedimentari, Geologia stratigrafica e regionale;  
GEO/02 Sergio Andò, Petrografia del Sedimentario;  
GEO/03 Andrea Zanchi, Geodinamica e geologia strutturale;  
GEO/03 Alessandro Tibaldi, Tettonica attiva e vulcanotettonica;  
GEO/03 Andrea Bistacchi, Metodi di analisi geologico-strutturali, Modellazione geologica 3D;  
GEO/04 Alessandra Savini, Introduzione alla Geografia fisica marina;  
GEO/05 Giovanni Battista Crosta, Idrogeologia, Geoenergia;

GEO/05 Federico Agliardi, Stabilità dei versanti, Metodi di indagine geologico-tecnica;  
 GEO/05 Paolo Frattini, Valutazione dei rischi geologici, Laboratorio modellazione idrogeologica, Applicazioni GIS avanzate;  
 GEO/07 Maria Luce Frezzotti, Petrogenesi degli ambienti geodinamici;  
 GEO/07 Nadia Malaspina, Petrogenesi degli ambienti geodinamici;  
 GEO/08 Igor Villa, Geocronologia e archeometria;  
 GEO/09 Alessandro Cavallo, Georisorse minerarie e lapidei;  
 GEO/12 Claudia Pasquero, Fisica del mare;  
 FIS/01 Marcello Campione, Geotecnica applicata;  
 ICAR/07 Riccardo Castellanza, Geotecnica applicata, Scavo e consolidamento terre e rocce;  
 MAT/06 Daniela Bertacchi, Statistica.

#### Altre informazioni

Sede del Corso: Edificio U4, Piazza della Scienza 4, 20126 Milano, Dipartimento di Scienze dell'Ambiente e della Terra (DISAT).

Presidente del Consiglio di Coordinamento Didattico: Prof. Paolo Frattini (Tel. 02-64482005, [paolo.frattini@unimib.it](mailto:paolo.frattini@unimib.it)).

• **Curriculum GEOLOGIA APPLICATA** - Docente di riferimento: Prof. Giovanni Battista Crosta (Tel. 02-64482029, e-mail: [giovannibattista.crosta@unimib.it](mailto:giovannibattista.crosta@unimib.it));

• **Curriculum GEOLOGIA MARINA** - Docente di riferimento: Prof. Daniela Basso (Tel. 02-64482078, e-mail: [daniela.basso@unimib.it](mailto:daniela.basso@unimib.it));

• **Curriculum GEOLOGIA e GEODINAMICA** - Docente di riferimento: Prof. Eduardo Garzanti (Tel. 02-64482088, e-mail [eduardo.garzanti@unimib.it](mailto:eduardo.garzanti@unimib.it))

#### Segreteria didattica:

Tel. 0264482022;

indirizzo e-mail: [geo.didattica@unimib.it](mailto:geo.didattica@unimib.it);

orario di ricevimento degli studenti: lunedì, mercoledì e venerdì ore 10.00-12.00;

Indirizzo internet del corso di laurea: <http://www.disat.unimib.it>).

**Per le procedure e termini di scadenza di Ateneo relativamente alle immatricolazioni/iscrizioni, trasferimenti, presentazione dei Piani di studio consultare il sito web [www.unimib.it](http://www.unimib.it)**

**Sono possibili variazioni non sostanziali al presente Regolamento didattico. In particolare, per gli insegnamenti indicati come a scelta, l'attivazione sarà subordinata al numero degli studenti iscritti. Seguono la tabella delle attività formative distribuite in base a tipologia di attività, ambito e settore scientifico disciplinare.**

**Il percorso formativo nei due anni risulta pertanto essere il seguente:**

#### CURRICULUM GEOLOGIA APPLICATA 8 esami 60 CFU:

Insegnamento	CFU	Tipologia attività formativa	Ambito	SSD	Moduli	Moduli CFU	Anno di corso
GEOLOGIA DEI BACINI SEDIMENTARI	8	Caratterizzanti	Discipline geologiche e paleontologiche	GEO/02	GEOLOGIA DEI BACINI SEDIMENTARI	8	1
PROSPEZIONI GEOFISICHE	8	Caratterizzanti	Discipline geofisiche	GEO/11	PROSPEZIONI GEOFISICHE	8	1
IDROGEOLOGIA	12	Caratterizzanti	Discipline geomorfologiche e geologiche applicative	GEO/05	IDROGEOLOGIA GENERALE	6	1
				GEO/05	IDROGEOLOGIA APPLICATA	6	1
METODI DI INDAGINE GEOLOGICO-TECNICA	6	Caratterizzanti	Discipline geologiche e paleontologiche	GEO/05	METODI DI INDAGINE GEOLOGICO-TECNICA	6	1
GEODINAMICA E GEOLOGIA STRUTTURALE	8	Caratterizzanti	Discipline mineralogiche, petrografiche	GEO/03	GEODINAMICA E GEOLOGIA STRUTTURALE	8	1
GEOTECNICA APPLICATA	6	Caratterizzanti	Discipline ingegneristiche, giuridiche	ICAR/07	GEOTECNICA APPLICATA	6	1

**INSEGNAMENTO OBBLIGATORIO**

STATISTICA	6	Affini e integrative	MAT/05	STATISTICA	6	1
------------	---	----------------------	--------	------------	---	---

**UN INSEGNAMENTO A SCELTA TRA:**

STABILITA' DEI VERSANTI	6	Affini e integrative	GEO/05	STABILITA' DEI VERSANTI	6	1
VALUTAZIONE DEI RISCHI GEOLOGICI	6	Affini e integrative	GEO/05	VALUTAZIONE DEI RISCHI GEOLOGICI	6	1

**Secondo anno per un totale di 60 cfu e 3 esami:**
**INSEGNAMENTO OBBLIGATORIO**

GEORISORSE MINERARIE E LAPIDEI	6	Caratterizzanti	Discipline mineralogiche, petrografiche	GEO/09	GEORISORSE MINERARIE E LAPIDEI	6	2
--------------------------------	---	-----------------	---	--------	--------------------------------	---	---

**ATTIVITA' FORMATIVE AFFINI O INTEGRATIVE**
**UN INSEGNAMENTO A SCELTA TRA:**

GEOENERGIA	4	Affini e integrative	GEO/05	GEOENERGIA	4	2
SCAVO E CONSOLIDAMENTO TERRE E ROCCE	4	Affini e integrative	GEO/05	SCAVO E CONSOLIDAMENTO TERRE E ROCCE	4	2
APPLICAZIONI GIS AVANZATE	4	Affini e integrative	GEO/05	APPLICAZIONI GIS AVANZATE	4	2
GEOFISICA APPLICATA	4	Affini e integrative	GEO/11	GEOFISICA APPLICATA	4	2
LABORATORIO MODELLAZIONE IDROGEOLOGICA	4	Affini e integrative	GEO/05	LABORATORIO MODELLAZIONE IDROGEOLOGICA	4	2

	CFU	Anno di corso
A scelta autonoma dello studente (art.10, comma 5, lettera a)	16	2
Per la prova finale (art.10, comma 5, lettera c)	32	2
Ulteriori attività formative (art.10, comma 5, lettera d)	2	2

**CURRICULUM GEOLOGIA MARINA 11 esami 60 CFU:**

Insegnamento	CFU	Tipologia attività formativa	Ambito	SSD	Moduli	Moduli CFU	Anno di corso
GEOLOGIA DEI BACINI SEDIMENTARI	8	Caratterizzanti	Discipline geologiche e paleontologiche	GEO/02	GEOLOGIA DEI BACINI SEDIMENTARI	8	1
PROSPEZIONI GEOFISICHE	8	Caratterizzanti	Discipline geofisiche	GEO/11	PROSPEZIONI GEOFISICHE	8	1
GEODINAMICA E GEOLOGIA STRUTTURALE	8	Caratterizzanti	Discipline geologiche e paleontologiche	GEO/03	GEODINAMICA E GEOLOGIA STRUTTURALE	8	1
GEOBIOLOGIA	8	Caratterizzanti	Discipline geologiche e paleontologiche	GEO/01	GEOBIOLOGIA	8	1
FISICA DEL MARE	6	Caratterizzanti	Discipline geofisiche	GEO/12	FISICA DEL MARE	6	1
BIOFACIES	8	Caratterizzanti	Discipline geologiche e	GEO/01	BIOFACIES	8	1

Insegnamento	CFU	Tipologia attività formativa	Ambito	SSD	Moduli	Moduli CFU	Anno di corso
			paleontologiche				
INTRODUZIONE ALLA GEOGRAFIA FISICA MARINA	8	Caratterizzanti	Discipline geomorfologiche e geologiche applicative	GEO/04	INTRODUZIONE ALLA GEOGRAFIA FISICA MARINA	8	1

#### INSEGNAMENTO OBBLIGATORIO

STATISTICA	6	Affini e integrative			STATISTICA	6	1
------------	---	----------------------	--	--	------------	---	---

#### Secondo anno per un totale di 60 cfu e 3 esami

##### UN INSEGNAMENTO A SCELTA TRA:

Insegnamento	CFU	Tipologia attività formativa	Ambito	SSD	Moduli	Moduli CFU	Anno di corso
GEOCRONOLOGIA E ARCHEOMETRIA	6	Caratterizzanti	Discipline mineralogiche, petrografiche	GEO/08	GEOCRONOLOGIA E ARCHEOMETRIA	6	2
GEORISORSE MINERARIE E LAPIDEI	6	Caratterizzanti	Discipline mineralogiche, petrografiche	GEO/09	GEORISORSE MINERARIE E LAPIDEI	6	2

##### ATTIVITA' FORMATIVE AFFINI O INTEGRATIVE

PALEOCEANOLOGIA E PALEOCLIMATOLOGIA	6	Affini e integrative		GEO/01	PALEOCEANOLOGIA E PALEOCLIMATOLOGIA	6	2
-------------------------------------	---	----------------------	--	--------	-------------------------------------	---	---

	CFU	Anno di corso
A scelta autonoma dello studente (art.10, comma 5, lettera a)	16	2
Per la prova finale (art.10, comma 5, lettera c)	30	2
Ulteriori attività formative (art.10, comma 5, lettera d)	2	2

#### CURRICULUM GEOLOGIA E GEODINAMICA 8 esami 56 CFU:

Insegnamento	CFU	Tipologia attività formativa	Ambito	SSD	Moduli	Moduli CFU	Anno di corso
GEOLOGIA DEI BACINI SEDIMENTARI	8	Caratterizzanti	Discipline geologiche e paleontologiche	GEO/02	GEOLOGIA DEI BACINI SEDIMENTARI	8	1
PROSPEZIONI GEOFISICHE	8	Caratterizzanti	Discipline geofisiche	GEO/11	PROSPEZIONI GEOFISICHE	8	1
GEODINAMICA E GEOLOGIA STRUTTURALE	8	Caratterizzanti	Discipline geologiche e paleontologiche	GEO/03	GEODINAMICA E GEOLOGIA STRUTTURALE	8	1
PETROGENESI DEGLI AMBIENTI GEODINAMICI	8	Caratterizzanti	Discipline mineralogiche, petrografiche	GEO/07	PETROGENESI DEGLI AMBIENTI GEODINAMICI	8	1

#### DUE

##### INSEGNAMENTI A SCELTA TRA:

PETROGRAFIA DEL SEDIMENTARIO	6	Caratterizzanti	Discipline geologiche e paleontologiche	GEO/02	PETROGRAFIA DEL SEDIMENTARIO	6	1
TETTONICA ATTIVA E VULCANOTETTONICA	6	Caratterizzanti	Discipline geologiche e paleontologiche	GEO/03	TETTONICA ATTIVA E VULCANOTETTONICA	6	1

Insegnamento	CFU	Tipologia attività formativa	Ambito	SSD	Moduli	Moduli CFU	Anno di corso
GEOLOGIA DEL VULCANICO	6	Caratterizzanti	Discipline geologiche e paleontologiche	GEO/03	GEOLOGIA DEL VULCANICO	6	1
GEOLOGIA STRATIGRAFICA E REGIONALE	6	Caratterizzanti	Discipline geologiche e paleontologiche	GEO/02	GEOLOGIA STRATIGRAFICA E REGIONALE	6	1

UN INSEGNAMENTO A SCELTA TRA:

IDROGEOLOGIA GENERALE	6	Caratterizzanti	Discipline geomorfologiche e geologiche applicative	GEO/05	IDROGEOLOGIA GENERALE	6	1
METODI DI INDAGINE GEOLOGICO-TECNICA	6	Caratterizzanti	Discipline geomorfologiche e geologiche applicative	GEO/05	METODI DI INDAGINE GEOLOGICO-TECNICA	6	1

INSEGNAMENTO OBBLIGATORIO

STATISTICA	6	Affini e integrative			STATISTICA	6	1
------------	---	----------------------	--	--	------------	---	---

**Secondo anno per un totale di 64 cfu e 4 esami:**

UN INSEGNAMENTO A SCELTA TRA:

Insegnamento	CFU	Tipologia attività formativa	Ambito	SSD	Moduli	Moduli CFU	Anno di corso
GEOCRONOLOGIA E ARCHEOMETRIA	6	Caratterizzanti	Discipline mineralogiche, petrografiche	GEO/08	GEOCRONOLOGIA E ARCHEOMETRIA	6	2
GEORISORSE MINERARIE E LAPIDEI	6	Caratterizzanti	Discipline mineralogiche, petrografiche	GEO/09	GEORISORSE MINERARIE E LAPIDEI	6	2

ATTIVITA' FORMATIVE AFFINI O INTEGRATIVE

DUE INSEGNAMENTI A SCELTA TRA:

GEOENERGIA	4	Affini e integrative		GEO/05	GEOENERGIA	4	2
MODELLAZIONE GEOLOGICA 3D	4	Affini e integrative		GEO/03	MODELLAZIONE GEOLOGICA 3D	4	2
APPLICAZIONI GIS AVANZATE	4	Affini e integrative		GEO/05	APPLICAZIONI GIS AVANZATE	4	2
GEOFISICA APPLICATA	4	Affini e integrative		GEO/11	GEOFISICA APPLICATA	4	2
METODI DI ANALISI GEOLOGICO-STRUTTURALE	4	Affini e integrative		GEO/03	METODI DI ANALISI GEOLOGICO-STRUTTURALE	4	2



**1° ANNO**

<b>GEOLOGIA DEI BACINI SEDIMENTARI</b>	<b>GEOLOGY OF SEDIMENTARY BASINS</b>
<b>I anno, I semestre</b>	<b>I year, I semester</b>
<b>CFU 8</b>	<b>ECTS 8</b>
<b>Docente</b> <b>Prof. Eduardo Garzanti</b>	<b>Lecturer</b> <b>Prof. Eduardo Garzanti</b>
<b>Contenuti</b> Studio dei processi geologici a grande scala, evoluzione dei bacini sedimentari e formazione delle risorse energetiche e minerarie associate	<b>Contents</b> Study of large-scale geological process, evolution of sedimentary basins and formation of associated economic resources
<b>Testi di riferimento</b> Busby, C., & Azor, A. 2012. Tectonics of sedimentary basins: recent advances. Wiley-Blackwell, Oxford. Busby C.J. & Ingersoll R.V., 1995. Tectonics of Sedimentary Basins. Blackwell Science.	<b>References</b> Busby, C., & Azor, A. 2012. Tectonics of sedimentary basins: recent advances. Wiley-Blackwell, Oxford. Busby C.J. & Ingersoll R.V., 1995. Tectonics of Sedimentary Basins. Blackwell Science.
<b>Obiettivi formativi</b> Capacità di analizzare e comprendere i fenomeni geologici a scala globale e i processi che portano alla formazione dei bacini sedimentari e delle risorse minerarie ed energetiche associate	<b>Aims</b> Understanding geological phenomena at global scale and processes leading to the formation of sedimentary basins and associated mineral resources and hydrocarbons.
<b>Prerequisiti</b> Buone conoscenze geologiche di base e di terreno (stratigrafia, petrografia, sedimentologia)	<b>Prerequisites</b> Firm knowledge of basic theoretical and field geology (stratigraphy, petrography, sedimentology)
<b>Modalità didattica</b> - Lezioni in aula. 56 ore 8 CFU	<b>Teaching form</b> Classroom lectures.
<b>Modalità di verifica</b> - esame scritto di conoscenza generale + esame orale + relazione scritta su uno specifico ambiente geodinamico con esempi reali	<b>Examination type</b> - written examination (general knowledge) + oral examination + written report on a specific geodynamic setting with examples
<b>Programma per esteso</b> Meccanismi di subsidenza. Classificazione dei bacini sedimentari. Margini divergenti e bacini associati: rift continentali attivi e passivi; sistema Mar Rosso - Golfo di Aden; margini continentali passivi; bacini intracratonici. Margini convergenti e bacini associati: sistemi arco-fossa; complessi di subduzione; bacini di forearc, intra-arc e back-arc. Catene in obduzione e catene in collisione; bacini di avampaese; bacini di retrocatena; bacini satellite; esempi dalla catena Alpino-himalayana e dagli Appennini. Margini trasformati e bacini associati: sistemi trascorrenti; bacini transtensivi, transrotazionali e transpressivi. Principi di Geologia d'Italia: Alpi e Appennini.	<b>Programme</b> Subsidence mechanisms. Classification of sedimentary basins. Divergent plate margins and associated sedimentary basins: active and passive rifts; the Red Sea - Gulf of Aden system; passive continental margins; intracratonic basins. Convergent plate margins and associated basins: arc-trench systems; subduction complexes; forearc, intra-arc, and back-arc basins. Obduction orogens. Collision orogens; foreland and retroarc basins; piggy-back basins; examples from the Himalayas, the Alps and the Apennines. Transform plate margins and associated basins: strike-slip systems and pull-apart basins. Fundamentals of Italian Geology: the Alps and the Apennines.
<b>Orario di ricevimento:</b> Su appuntamento, contattare il docente via email	<b>Office hours:</b> On appointment by email

<b>GEODINAMICA E GEOLOGIA STRUTTURALE</b>	<b>GEODYNAMICS AND STRUCTURAL GEOLOGY</b>
<b>I anno, secondo semestre</b>	<b>I year, II semester</b>
<b>CFU 8</b>	<b>ECTS 8</b>

<b>GEODINAMICA E GEOLOGIA STRUTTURALE</b>	<b>GEODYNAMICS AND STRUCTURAL GEOLOGY</b>
<b>Docente</b> <b>Prof. Andrea Zanchi</b>	<b>Lecturer</b> <b>Prof. Andrea Zanchi</b>
<b>Contenuti</b> Approfondimento delle caratteristiche delle principali strutture fragili e duttili e dei meccanismi deformativi associati. Loro collocazione e descrizione di associazioni complesse nei vari contesti geodinamici che caratterizzano la litosfera con esempi riferiti all'area alpina, mediterranea e himalayana. Introduzione all'analisi strutturale a scala mesoscopica e alla struttura delle Alpi.	<b>Contents</b> Analysis of the main brittle and ductile structures and of the associated deformation mechanisms. Complex structural associations in the different geodynamic context at a lithospheric scale, with reference to the Apine, Mediterranean and Himalayan regions. Introduction to mesoscopic structural analyses and to the geology of the Alps.
<b>Testi di riferimento</b> Fossen H. Structural Geology. Cambridge University Press 2010 e relativo materiale didattico on line. Kearey Ph., Clapeis K.A. and Vine F.J., 2008. Global Tectonics (third edition). Wiley-Blackwell, 482 pp. 482 pp. Dispense del corso e delle esercitazioni (pdf). Articoli scientifici consigliati.	<b>References</b> Fossen H. Structural Geology. Cambridge University Press 2010 e relativo materiale didattico on line. Kearey Ph., Clapeis K.A. and Vine F.J., 2008. Global Tectonics (third edition). Wiley-Blackwell, 482 pp. (pdf) Materials and scientific papers in a digital format (pdf)
<b>Obiettivi formativi</b> Il corso comprende 42 ore di lezioni frontali, 12 ore di esercitazioni e 10 ore di attività di terreno. Scopo del corso è di introdurre gli studenti allo studio dei differenti contesti geodinamici attraverso un approccio di tipo geologico-strutturale analitico, basato sulla conoscenza delle principali strutture fragili e duttili connesse alla deformazione della litosfera e sullo studio delle associazioni strutturali che caratterizzano i principali ambienti deformativi presenti nella stessa. Le lezioni frontali avranno come argomento l'analisi dei differenti contesti geodinamici e delle principali strutture connesse, con particolare riferimento ai margini attivi e alle catene orogeniche. Oltre alla presentazione di principi generali e modelli teorici, le lezioni affronteranno numerosi esempi di casi di studio reali riferiti principalmente alla catena alpino-himalayana e all'area mediterranea. Le esercitazioni sono finalizzate allo studio delle strutture mesoscopiche e dei meccanismi focali dei terremoti, nonché alla loro rappresentazione attraverso proiezioni stereografiche. L'attività sul terreno riguarderà la visita di un settore della catena alpina.	<b>Aims</b> The course includes 42 hours of lessons, 12 hours of laboratory activities and 10 hours of field activities. Aim of the course is to introduce students to the study of the different geodynamic environments through a structural approach based on the analysis of tectonic structures. The main emphasis will be on active margins and orogenic belts. General principles and theoretical models will be discussed, as well as several case studies chosen in the Alpine-Himalayan belts and in the Mediterranean region. Advanced exercises on stereographic projections, the construction of complex geological cross sections, mesoscopic structural field analyses will be the subject of practical activities in laboratories. A short fieldtrip in the Alps will be carried out at the end of the course.
<b>Prerequisiti</b> Conoscenza di base della geologia strutturale e delle principali strutture derivanti dalla deformazione dei materiali rocciosi. Conoscenze di base dei principi della tettonica delle placche e conoscenze di petrografia. Capacità di utilizzare software applicativo in ambiente windows.	<b>Prerequisites</b> Fundamentals of structural geology and tectonics. Fundamentals of Plate Tectonics and of Petrology. Use of specific software in a windows environment.
<b>Modalità didattica</b> - Lezione frontale (42 ore) 6 CFU - Esercitazioni (12 ore) 1 CFU - Attività di campo 10 ore 1 CFU	<b>Teaching form</b> - Lessons (42 hours) - Laboratory experiences (12 hours) - Field activity (10 hours)
<b>Modalità di verifica</b> - esame orale sugli argomenti trattati durante tutte le attività del corso (lezioni, esercitazioni e attività di campo). L'esame comprende la lettura e il commento di proiezioni stereografiche raffiguranti strutture fragili e/o duttili. - preparazione di una breve relazione sull'attività di campo.	<b>Examination type</b> - Oral examination including the interpretation of stereoplots representing brittle and/or ductile structures - short report on field activity - Students are encouraged to give an oral presentation. The subject will be chosen with the lecturer.

<b>GEODINAMICA E GEOLOGIA STRUTTURALE</b>	<b>GEODYNAMICS AND STRUCTURAL GEOLOGY</b>
- gli studenti potranno presentare parte del programma attraverso una presentazione orale facoltativa su argomenti da concordare con il docente.	
<b>Programma per esteso</b> Deformazione elastica, comportamento fragile, comportamento duttile, plasticità intracristallina e microstrutture associate; reologia della litosfera e dell'astenosfera. Meccanica della fratturazione, giunti, faglie, terremoti. Strutture duttili: zone di taglio e miloniti, pieghe, foliazioni e lineazioni. Tettonica delle placche; frammentazione dei continenti, processi di rifting, oceanizzazione e evoluzione dei margini passivi; ofioliti; dorsali e trasformi oceaniche; margini attivi, zone di subduzione e prismi d'accrescimento; orogeni andini non collisionali e collisione continentale; catene a pieghe e sovrascorrimenti trasformati intracontinentali; fenomeni di indentazione a scala continentale e collasso postorogico. Le esercitazioni prevedono esercizi sulle proiezioni stereografiche per l'analisi di pieghe, faglie e meccanismi focali dei terremoti. L'attività di terreno si svolgerà nelle Alpi e riguarderà l'analisi strutturale mesoscopica e la struttura a grande scala della catena. Proiezioni stereografiche per l'analisi di pieghe, faglie e meccanismi focali dei terremoti. L'attività di terreno si svolgerà nelle Alpi e riguarderà l'analisi strutturale mesoscopica e la struttura a grande scala della catena.	<b>Programme</b> Rocks rheology: elastic deformation, brittle and plastic behaviour, intracrystalline plasticity and associated tectonic structures; lithosphere and asthenosphere. Plate motions; continental break-up, rifting and ocean spreading; oceanic ridges and transform faults, subduction zones and accretionary wedges, forearc and back-arc basins; ophiolites, obduction and continental collision, intracontinental transform faults; continental indentation and post-orogenic extension.  The use of stereographic projections in fold and fault analyses and the construction of complex geological sections related to different deformational environments will be carried out during practical activities. A final field excursion in the Alps will be devoted to mesoscopic analyses and to the general structure of the belt.
<b>Orario di ricevimento</b> Lunedì 14-16 oppure tramite appuntamento (e-mail andrea.zanchi@unimib.it; tel 02-64482028).	<b>Office hours</b> Monday 14-16 or by appointment (e-mail andrea.zanchi@unimib.it; tel 02-64482028)

<b>IDROGEOLOGIA</b>	<b>HYDROGEOLOGY</b>
<b>I anno, annualità</b>	<b>I year,</b>
<b>CFU 12</b>	<b>ECTS 12</b>
<b>Docente</b> <b>Prof. Giovanni Battista Crosta</b>	<b>Lecturer</b> <b>Prof. Giovanni Battista Crosta</b>
<b>Contenuti</b> Lo studente apprenderà nozioni base ed avanzate di idrogeologia e idrogeologia applicata e dei contaminanti, nonché di monitoraggio, messa in sicurezza e bonifica.	<b>Contents</b> Students will learn basic knowledge on hydrogeology, applied and contaminant hydrogeology, treatment of contaminated sites
<b>Testi di riferimento</b> Copia di lezioni e materiale su sito e-learning	<b>References</b> All the lectures are downloadable from the elearning website
<b>Obiettivi formativi</b> Fornire competenze circa: l'immagazzinamento e circolazione di acqua nel sottosuolo, la stima della riserve idriche sotterranee e della risorsa idrica rinnovabile; la caratterizzazione degli acquiferi con prove di portata per la determinazione dei parametri idraulici delle falde.	<b>Aims</b> To provide advanced knowledge and modelling techniques for: the identification and characterization of aquifers, the laws that govern groundwater flow, the contaminant migration and solute transport; the hydrogeological investigations.
<b>Prerequisiti</b> È richiesta la conoscenza di base di Geologia Applicata, Metodi di indagine geologico tecnica, Fisica e Matematica	<b>Prerequisites</b> A base-level knowledge in engineering geology, site investigation, physics and mathematics is required

<b>IDROGEOLOGIA</b>	<b>HYDROGEOLOGY</b>
<b>Modalità didattica</b> - Lezione frontale 56 ore 8 CFU- 48 ore Laboratorio 4 CFU-	<b>Teaching form</b> - Lessons - Laboratory experiences
<b>Modalità di verifica</b> - esame orale	<b>Examination type</b> - Oral examination
<b>Programma per esteso</b> Idrogeologia generale: Ciclo idrologico dell'acqua e circolazione in diversi ambienti geologici. Bilancio idrico: precipitazioni, temperature, evapotraspirazione reale e potenziale. Flusso idrico in condizioni sature ed insature in terreni, rocce porose e rocce fratturate. Porosità: origine e tipologie e ruolo nel flusso e nel trasporto. Ricostruzione ed interpretazione di superfici piezometriche e reticoli di flusso. Idrochimica: caratterizzazione chimico fisica delle acque sotterranee, residuo solido, solidi disciolti, conducibilità elettrica, bilancio ionico, distribuzione degli elementi principali, analisi e rappresentazione dei dati. Classificazione e analisi delle sorgenti, metodi captazione, analisi del regime e delle portate, curve di svuotamento. Progettazione e installazione di pozzi: la struttura dei pozzi, le modalità costruttive, le tecniche di manutenzione. Monitoraggio e interpretazione di test in pozzo e di pompaggio. Soluzioni per il flusso in condizioni stazionarie e transitorie per le diverse tipologie di acquifero. Prove in pozzo singolo. Slug tests. Processi multi-fluido. Pozzi immagine.  Idrogeologia applicata: Campionamento in pozzo. Trasporto di soluti e migrazione di contaminanti in suoli saturi ed insaturi. Prove di tracciamento e caratterizzazione dei parametri idrodispersivi. Interazione tra matrice e soluti, coefficienti di distribuzione, coefficienti di ritardo. Composti organici ed inorganici nelle acque sotterranee. NAPL, caratteristiche chimico fisiche e modalità di migrazione. Contaminazione primaria e secondaria. Trasformazione, attenuazione e decadimento dei contaminanti. Biodegradazione: teoria, stime in sito e modelli. Opere per la messa in sicurezza e bonifica di siti contaminati. Analisi di rischio per la contaminazione di suoli e dell'acqua sotterranea. Normative di riferimento: legislazione regionale, nazionale e comunitaria in tema di acque sotterranee e superficiali. Esercitazioni: costruzione di reti di flusso; soluzioni semplici del flusso idrico sotterraneo; interpretazione di test in pozzo. Progettazione di attività di bonifica di siti contaminati.	<b>Programm</b> Fundamentals of hydrogeology Hydrologic cycle and water circulation in different geological systems. Hydrogeological balance: rainfall, temperature, real and potential evapotranspiration. Porosity definitions and use. Fluid flow in saturated and unsaturated soil, porous rocks or jointed rocks. Reconstruction and interpretation of piezometric surfaces and flow nets. Classification and analysis of springs, spring discharge regime, evaluation of spring discharge dynamics using recession curves, Hydrochemistry: physical chemical properties of groundwaters, TDS, dissolved elements their origin and their effects, data representation, plotting and analysis. . Well design and installation, drilling and construction techniques, purging, maintenance, materials. Monitoring and interpretation of well hydraulic testing and pumping tests under steady state and transient conditions. Well sampling techniques and problems, methods and materials, sampling campaigns. Applying site characterization to model development.  Applied hydrogeology Solute transport and contaminant migration in saturated and unsaturated soils. Tracer tests and characterization of dispersivity. Multi-fluid processes. NAPLs, physical chemical characteristics and transport in the vadose and saturated zones. Primary or direct and secondary contamination processes. Interaction between soil matrix and solutes. Transformation, attenuation and decay processes of solutes. Biodegradation: theory, in situ estimation, and modelling. Organic and inorganic compounds in subsurface water. Treatments at contaminated sites and groundwater remediation methods and techniques. Risk analysis for soil and water contamination. Reference legislation: regional, national and european laws for superficial and subsurface water. Lab exercises: Flow net construction, simple solution of water flow in porous media, interpretation of well tests. Design of a reclamation scheme for different contaminated sites.
<b>Altre informazioni</b> Sul sito web: <a href="http://www.unimib.it">www.unimib.it</a> nell'area didattica è possibile trovare le informazioni sul c.v. del docente, il numero di telefono dello studio, la sede universitaria o di lavoro, l'orario di ricevimento studenti e l'indirizzo e-mail.	<b>More information</b> Website: <a href="http://www.unimib.it">www.unimib.it</a> in teaching area you can find information about teachers c.v., telephone number, University room or other place of work, office hours and e-mail.

<b>GEOBIOLOGIA</b>	<b>GEOBIOLOGY</b>
<b>I anno, I semestre</b>	<b>I year, I semester</b>
<b>CFU 8</b>	<b>ECTS 8</b>
<b>Docente</b>	<b>Lecturer</b>

<b>GEOBIOLOGIA</b>	<b>GEOBIOLOGY</b>
<b>Prof. Daniela BASSO</b>	<b>Prof. Daniela BASSO</b>
<b>Contenuti</b> Coevoluzione di geosfera e biosfera, biomineralizzazione, carbonati biogenici, biocostruzioni, sedimenti e benthos, zonazione bentonica, elementi di biogeochimica e archivi naturali, il global change in corso.	<b>Contents</b> Coevolution of geosphere and biosphere, biomineralization, biogenic carbonates, bioconstruction, sediments and benthos, benthic zonation, introductory biogeochemistry and natural archives, the ongoing global change
<b>Testi di riferimento</b> Dispense e articoli di approfondimento forniti dal docente Testo utile: Fundamentals of Geobiology, Knoll et al (Eds) ISBN 978-1-4051-8752-7	<b>References</b> The lectures and some suggested readings will be provided by the teacher. Useful books: Fundamentals of Geobiology, Knoll et al (Eds) ISBN 978-1-4051-8752-7
<b>Obiettivi formativi</b> Fornire le competenze per la comprensione delle interazioni tra biosfera, idrosfera e geosfera. Acquisire gli schemi concettuali e operativi per lo studio e l'interpretazione degli ambienti marini attuali e per la ricostruzione degli ambienti marini e della loro evoluzione nel registro geologico.	<b>Aims</b> To provide the tools to understand the interactions among biosphere, hydrosphere and geosphere. To acquire the conceptual and operative frameworks for the study and interpretation of the modern marine environments and for their reconstruction in the geological record.
<b>Prerequisiti</b> Paleontologia	<b>Prerequisites</b> Palaeontology
<b>Modalità didattica</b> - Lezione frontale (5 cfu) 35 ore - Laboratorio (1 cfu) 12 ore - Esercitazioni (2 cfu) 24 ore	<b>Teaching form</b> Lessons: 5 credits Tutorials: 1 credit Practice: 2 credits
<b>Modalità di verifica</b> Esame scritto e orale Scritto: 20 domande alle quali rispondere sinteticamente in 90 minuti. A ciascuna risposta viene dato un voto. Nessuna risposta vale 0. Il voto complessivo dello scritto è dato dalla media dei voti. La prima domanda per gli studenti di Scienze Geologiche che selezionano questo insegnamento è volta a verificare la loro conoscenza delle principali suddivisioni del tempo geologico. Un risultato negativo a questa domanda impedisce il proseguimento dell'esame. Orale: domande sui risultati dello scritto. Il voto finale è dato dal voto dello scritto+orale, più un punto per la positiva valutazione della relazione delle attività pratiche.	<b>Examination type</b> Written and Oral examination Written: 20 questions to be briefly answered in 90 minutes. Each answer is given a mark. No answer counts 0. Final mark is the mean. The first question, exclusively for the students of Geological Sciences who select this course, is aimed at assessing their knowledge of the main subdivision of the geological time. A negative result for this first question corresponds to immediate rejection. Oral: questions about the written results. The final mark is composed by the written+oral marks plus up to 1 point for the practicals. Marks are given as n/30. Minimum positive value is 18/30
<b>Programma per esteso</b> Lezioni: Il benthos nella geologia storica. Tipi di estinzione e principali eventi nella storia della Terra. La comparsa della calcificazione organica e i processi di biomineralizzazione. Fotosintesi e chemiosintesi. Chimica degli oceani e biomineralizzazione. Biogeografia del plancton. Evoluzione delle associazioni di biocostruttori nel Fanerozoico. La biocostruzione attuale: strutture, associazioni biologiche, fattori ecologici di controllo e distribuzione. Caratteri diagnostici, significato e distribuzione delle principali associazioni bentoniche e sedimenti associati. Zonazione del benthos nei mari attuali come chiave d'interpretazione del record geologico. Il ruolo del benthos nella geomorfologia ed evoluzione delle piattaforme carbonatiche. Biocenosi, comunità, associazioni e interpretazione dei fossil assemblages in funzione dei principali processi biostratinomici. Fenomeni chimici all'interfaccia acqua-	<b>Programme</b> Lessons: The benthos in the geologic history. Extinctions and major events in the Earth history. The appearance of organic calcification and the biomineralization. Photosynthesis and chemosynthesis. Ocean chemistry and biomineralization. The evolution of biogenic builders in the Phanerozoic. The modern bioconstruction: structures, biological associations, ecological factors of control and distribution. Diagnosis, significance and distribution of the major benthic associations and related sediments. Benthic zonation in the present-day oceans as key to understand the geological record. The benthos in the geomorphology and evolution of carbonate platforms. Biocoenoses, communities, associations and interpretation of fossil assemblages on the basis of the biostratinomic processes. The chemical environment at the water-sediment interface. Identification and interpretation of

<b>GEOBIOLOGIA</b>	<b>GEOBIOLOGY</b>
<p>sedimento. Riconoscimento e interpretazione delle principali ichnofacies. Proxies biogeochimici e archivi naturali. Il global change in corso e il feed-back geobiologico.</p> <p>Esercitazioni. Analisi geobiologica di materiale fossilifero e sua interpretazione.</p> <p>Uscita didattica presso una o più successioni sedimentarie carbonatiche terziarie e/o quaternarie.</p>	<p>the most important ichnofacies. Biogeochemical proxies and natural archives. The ongoing global change and the geobiological feed-back.</p> <p>Laboratory. Geobiological analyses of fossil-bearing material and its interpretation.</p> <p>Field-trip at tertiary and/or quaternary carbonate successions.</p>
<p><b>Orario di ricevimento</b></p> <p>Per appuntamento, contattare il docente: daniela.basso@unimib.it</p>	<p><b>Office hours</b></p> <p>To make an appointment, please contact me by mail: daniela.basso@unimib.it</p>

<b>GEOTECNICA APPLICATA</b>	<b>APPLIED GEOTECHNICAL ENGINEERING</b>
<b>I anno, II semestre</b>	<b>I year, II semester</b>
<b>CFU 6</b>	<b>ECTS 6</b>
<p>Docente</p> <p><b>Prof. Riccardo Castellanza (5CFU)</b> <b>Prof. Marcello Campione (1CFU)</b></p>	<p><b>Lecturer</b></p> <p><b>Prof. Riccardo Castellanza (ECTS 5)</b> <b>Prof. Marcello Campione (CFU 1)</b></p>
<p><b>Contenuti</b></p> <p>Applicazioni delle conoscenze acquisite nel corso di Geologia Applicati a problemi tipici di ingegneria geotecnica</p>	<p><b>Contents</b></p> <p>The course intent to deal with geotechnical engineering problems applying the concepts of Engineering Geology</p>
<p><b>Testi di riferimenti</b></p> <p>Nova Roberto (2002) Fondamenti di Meccanica delle Terre, Mc Graw Hill</p> <p>Nova Roberto (2008). Meccanica delle Costruzioni Geotecniche. Città Studi, Milano</p> <p>e materiali forniti dal docente</p>	<p><b>References</b></p> <p>Nova Roberto (2002), Fondamenti di Meccanica delle Terre, Mc Graw Hill</p> <p>Nova Roberto (2008). Meccanica delle Costruzioni Geotecniche. Città Studi, Milano</p> <p>and additional material supplied from the teacher</p>
<p><b>Obiettivi formativi</b></p> <p>Fornire competenze specifiche legate al profilo del geologo applicato in relazione alle principali opere di ingegneria geotecnica. Le conoscenze di base acquisite nel corso di geologia applicata verranno applicate all'analisi di problemi al contorno con metodi tradizionali e metodi numerici.</p>	<p><b>Aims</b></p> <p>The main goal of the course consists in giving specific knowledge to the engineering geology to deal with geotechnical engineering problem. The basic concepts acquired during the engineering geology course will be applied to boundary value problems of geotechnical engineering using simplified methods and more complex numerical methods.</p>
<p><b>Prerequisiti</b></p> <p>Geologia Applicata</p>	<p><b>Prerequisites</b></p> <p>Engineering Geology</p>
<p><b>Modalità didattica</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Lezione frontale, 21 ore 3 CFU</li> <li>- Esercitazioni, 24 ore 2 CFU</li> <li>- Laboratorio 12 ore 1 CFU</li> </ul>	<p><b>Teaching form</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Lessons, 21 hours</li> <li>- Practics, 24 hours</li> <li>- Tutorials 12 hours</li> </ul>
<p><b>Modalità dell'esame</b></p> <p>Scritto e orale</p> <p>Valutazione dell'esame:</p> <p>È richiesta la sufficienza in entrambe le prove</p>	<p><b>Examination type</b></p> <p>Written and discussion of the contents</p> <p>Evaluation</p> <p>It is required to show a sufficient level of learning both in written and oral presentation</p>
<p><b>Programma per esteso</b></p> <p>Obiettivi generali</p> <p>Richiami di meccanica del continuo e introduzione alla meccanica dei geomateriali</p> <p>Richiami teorici sulla definizione di grandezze tensoriali, somme vettoriali, piano di Mohr</p>	<p><b>Programme</b></p> <p>General Objectives</p> <p>Introduction to the continuum mechanics for geomaterials</p> <p>Theoretical references on the definition of tensor quantities, vector sums, Mohr plan.</p>



<b>GEOTECNICA APPLICATA</b>	<b>APPLIED GEOTECHNICAL ENGINEERING</b>
<p>Il problema geotecnico: come descriverlo con un sistema di equazioni differenziali</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Il principio degli sforzi efficaci</li> <li>- Le equazioni di Equilibrio</li> <li>- Le equazioni di Congruenza</li> <li>- Il legame costitutivo</li> <li>- La legge di Bernoulli</li> <li>- La legge di Darcy</li> <li>- L'equazione di continuità</li> </ul> <p>Casi particolare del problema geotecnico e dell'interazione fluido terreno: terreno asciutto, quiete, regime stazionario, regime transitorio.</p> <p>Cenni a soluzione approssimata per via numerica del problema geotecnico</p> <p>Analisi a breve termine ed a lungo termine e relativi legami costitutivi e criteri di rottura.</p> <p>Analisi di opere geotecniche</p> <p>Metodi di calcolo della spinta delle terre su opere di sostegno. Analisi di stabilità di muri di sostegno a gravità ed a mensola. Metodi di verifica di paratie a mensola e tirantate.</p> <p>Analisi limite per l'ingegneria geotecnica. Calcolo della capacità portante di fondazioni superficiali soggette a differenti condizioni di carico. Capacità portante di fondazioni profonde su pali e palificate. Cenni al calcolo dei cedimenti delle fondazioni.</p> <p>Analisi di stabilità scivolamenti traslazionali (metodi dell'equilibrio limite). Analisi di stabilità di scivolamenti con meccanismo rotazionale. Stabilità di scarpate e di fronti di scavo.</p> <p>Cenni alla normativa vigente</p> <p>Introduzione ai metodi di modellazione numerica per problemi geotecnici. Metodi degli elementi finiti e degli elementi discreti. Cenni a modelli costitutivi avanzati per i terreni.</p> <p>Applicazione numeriche a problemi geotecnici; in particolare analisi di stabilità di versanti, di opere di sostegno e di scavi.</p>	<p>The geotechnical problem: how to describe it with a system of differential equations</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-The principle of effective stress</li> <li>-Equilibrium equations</li> <li>-Compatibility equations</li> <li>-The constitutive law</li> <li>-The Bernoulli definition</li> <li>-The Darcy law-</li> </ul> <p>The continuity equation</p> <p>Particular cases of the geotechnical problem and of the fluid soil interaction: soil above all, stillness, stationary regime, transitory regime.</p> <p>Overview of a numerical solution of the geotechnical problem</p> <p>Short-term and long-term analysis and related constitutive links and failure criteria.</p> <p>Analysis of geotechnical works. Methods of calculating the soil pressures on retaining walls. Stability analysis of gravity and shelf support walls. Methods of verification of diaphragm wall.</p> <p>Limit analysis for geotechnical engineering. Calculation of the bearing capacity of shallow foundations subject to different loading conditions. Bearing capacity of deep foundations on piles and piling.</p> <p>Analysis of translational slides (limit equilibrium methods). Stability analysis of slope with rotational mechanism. Stability of slopes and excavation fronts.</p> <p>Notes to current codes</p> <p>Introduction to numerical modeling methods for geotechnical problems. Methods of finite elements and discrete elements.</p> <p>Numerical applications to geotechnical problems; in particular stability analysis of slopes, support works and excavations.</p>
<p><b>Orario di ricevimento</b></p> <p>Lunedì dalle 16.00 alle 18.00</p>	<p><b>Office hours</b></p> <p>Monday from 16.00 to 18.00</p>

<b>STATISTICA</b>	<b>STATISTICA</b>
<b>I anno, II semestre</b>	<b>I year, II semester</b>
<b>CFU 6</b>	<b>ECTS 6</b>
<b>Docente</b> <b>Prof. Daniela Bertacchi</b>	<b>Lecturer</b> <b>Prof. Daniela Bertacchi</b>
<b>Contenuti</b> Corso di base in metodi statistici descrittive e inferenziali.	<b>Contents</b> It is a first level course on the basic tools of descriptive and inferential statistics.
<p><b>Testi di riferimento</b></p> <p>Calcolo delle probabilità e Statistica, di Marco Bramanti, Esculapio Editore.</p> <p>Esercizi di probabilità e statistica, di Bertacchi, Bramanti e Guerra, Esculapio Editore</p> <p>Altro materiale sulla piattaforma elearning.unimib.it:</p> <p>Trasparenze delle lezioni</p> <p>Video di alcune lezioni</p> <p>Video di esercizi</p>	<p><b>References</b></p> <p>Calcolo delle probabilità e Statistica, di Marco Bramanti, Esculapio Editore. Esercizi di probabilità e statistica, di Bertacchi, Bramanti e Guerra, Esculapio Editore</p> <p>Other material on elearning.unimib.it: Lecture slides</p> <p>Video of some lessons</p> <p>Video of exercises. Multiple answer quizzes</p> <p>Interactive exercises on the platform wims.matapp.unimib.it</p>

STATISTICA	STATISTICA
Quiz a risposta multipla Esercizi interattivi sulla piattaforma wims.matapp.unimib.it	
<b>Obiettivi</b> Comprendere e imparare a usare i primi rudimenti dei metodi statistici.	<b>Aims</b> Understand the meaning and how to use basic statistical methods.
<b>Prerequisiti</b> Operazioni su insiemi; significato di funzione; calcolo (integrazione di funzioni su R).	<b>Recommended a priori knowledge</b> Set theory; real functions; calculus (integration of real functions).
<b>Modalità didattica</b> Lezioni frontali in aula: 20 ore Lezioni online su elearning.unimib.it (modalità blended): 28 ore	<b>Teaching form</b> Lessons in the classroom: 20 hours Online lessons on elearning.unimib.it (blended learning): 28 hours
<b>Modalità dell'esame</b> La valutazione si basa sul lavoro online e su un esame scritto. Il lavoro online consiste nello svolgimento di quiz e esercizi online e in un lavoro di gruppo in cui si applicano le nozioni del corso ad un caso pratico. L'esame consiste in uno scritto con domande a risposta multipla (del genere presente in piattaforma elearning), domande teoriche a risposta aperta (su definizioni o risultati teorici evidenziati nelle trasparenze delle lezioni) e esercizi (del tipo presente sulla piattaforma wims). L'orale è a richiesta del docente e/o dello studente. Maggiori dettagli nella sezione di presentazione del corso in elearning.	<b>Examination type</b> The assessment is based on online work and a written exam. The online work consists of answering online quizzes and exercises and in a group work in which we apply to a practical case the concepts of the course. The exam consists of multiple choice questions (of the kind present in the elearning platform), theoretical questions (on definitions or theoretical results highlighted in the slides of lessons) and exercises (of the type present on the wims platform). The oral exam is at the request of the teacher and / or the student. More details can be found in the presentation section of the e-learning course
<b>Programma</b> Statistica Descrittiva Vettori di dati, Media, varianza, deviazione standard. Istogrammi. Mediana, quartili, quantili, Boxplot. Covarianza e coefficiente di correlazione, diagramma di dispersione. Probabilità Probabilità di eventi; indipendenza di eventi. Variabili aleatorie discrete, densità, funzione di ripartizione, media e varianza di v.a. discreta. Esempi: uniforme discreta, binomiale, geometrica, Poisson. Variabili aleatorie continue, densità, funzione di distribuzione, media, varianza. Esempi: uniforme continua, esponenziale, gaussiana. Legge dei grandi numeri. Teorema del limite centrale (uso delle tavole della normale standard). Statistica Inferenziale Campioni, stimatori, stimatori non distorti. Stimatore della media. Stimatore non distorto della varianza. Intervalli di confidenza per la media (a varianza nota e ignota). Test d'ipotesi. Errore di prima e di seconda specie. Livello di significatività. P-value. Test su una media (monolatero e bilatero a varianza nota e ignota). Test su due medie. Test chi quadro di adattamento e di indipendenza. Regressione lineare.	<b>Syllabus Course</b> Descriptive Statistics Data vectors, mean, variance, standard deviation. Histograms. Median, quartiles, quantiles, Boxplot. Covariance and correlation, scatterplot. Probability Probability of events; independence of events. Discrete random variables, density, distribution function, mean and variance of discrete random variables. Examples: discrete uniform, binomial, geometric, Poisson. Continuous random variables, density, distribution function, mean, variance. Examples: continuous uniform, exponential, Gaussian. Law of largenumbers. Central limit theorem (use of the tables of the standard normal). Inferential Statistics Samples, estimators, unbiased estimators. Estimator of the mean. Unbiased estimator of the variance. Confidence intervals for the mean (with known or unknown variance). Test of hypothesis. First and second type error. Level of a test, P-value. Test on a mean (monolateral and two-sided with known or unknown variance). Test on two averages. Chi-squared test of adaptation and of independence. Linear regression.
<b>Orario di ricevimento</b> Su appuntamento	<b>Office hours</b> By appointment



<b>INTRODUZIONE ALLA GEOGRAFIA FISICA MARINA</b>	<b>INTRODUCTION TO MARINE PHYSICAL GEOGRAPHY</b>
<b>I anno, I semestre</b>	<b>I year, I semester</b>
<b>CFU 8</b>	<b>ECTS 8</b>
<b>Docente</b> <b>Dott. Alessandra Savini</b>	<b>Lecturer</b> <b>Dr. Alessandra Savini</b>
<b>Contenuti</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Metodi di ricerca in geomorfologia sottomarina: mappatura dei fondali, campionamento e ispezioni visive: strumenti e pianificazione delle indagini.</li> <li>- Forme costiere e processi: spiagge e dune, delta ed estuari. Coste rocciose e scogliere coralline.</li> <li>- Le forme del rilievo sommerso e processi associati: processi geomorfici in ambiente sommerso (tettonica, sedimentologia, oceanografia e biologia). Piattaforme continentali, frane sottomarine, canyon, sistemi canali e argini delle conoidi sottomarine, contouriti, dorsali oceaniche, strutture derivate dalla risaliti di fluidi e gas dal fondo, piane abissali, fosse oceaniche e biocostruzioni.</li> </ul>	<b>Contents</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Data and methods in Marine Geomorphology. Seafloor mapping, seafloor sampling and visual surveys: tools and survey design.</li> <li>- Coastal landforms and processes. Beach and nearshore systems, coastal sand dunes, delta and estuaries, barrier systems. Rocky coasts and coral reefs.</li> <li>- Submarine landforms and processes. Drivers of seafloor geomorphic change in submarine environment (tectonic, sedimentology, oceanography and biology). Continental shelf landforms, submarine landslides, submarine canyons and gullies, channel and fans, contouritic drifts, oceanic islands and seamounts, mid-ocean ridges, fluid-escape features, abyssal hills and plains, trenches, bioconstructions.</li> </ul>
<b>Testi di riferimento</b> Alan P. Trujillo & Harold V. Thurman. Essential of Oceanography. Pearson Micallef A., Krastel S., Savini A. Submarine Geomorphology. Springer D.A.V. Stow, H.G. Reading, Collinson J.D – Deep Seas. In: H.G. Reading, Sedimentary environment: Processes, Facies and Stratigraphy (Cap. 10). Blackwell Science. NC Mithcell. Submarine Geomorphology. Elsevier G. Masselink & Hughes M.G. An introduction to coastal processes and geomorphology. Cambridge Sarà cura del docente indicare una selezione di articoli scientifici per favorire l'approfondimento delle tematiche affrontate.	<b>References</b> Alan P. Trujillo & Harold V. Thurman. Essential of Oceanography. Pearson Micallef A., Krastel S., Savini A. Submarine Geomorphology. Springer D.A.V. Stow, H.G. Reading, Collinson J.D – Deep Seas. In: H.G. Reading, Sedimentary environment: Processes, Facies and Stratigraphy (Cap. 10). Blackwell Science. NC Mithcell. Submarine Geomorphology. Elsevier G. Masselink & Hughes M.G. An introduction to coastal processes and geomorphology. Cambridge A selection of scientific journal articles will be provided by the teachers
<b>Prerequisiti</b> Fondamenti di matematica, fisica e chimica.	<b>Prerequisites</b> Fundamentals of Mathematics, Physics and Chemistry.
<b>Modalità didattica</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Lezioni frontali: 4 CFU 28 ore</li> <li>- Laboratorio: 2 CFU 24 ore</li> <li>- Esercitazioni: 2 CFU 24 ore</li> </ul>	<b>Teaching form</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Lessons 4 CFU</li> <li>Tutorials 2 CFU</li> <li>Laboratory 2 CFU</li> </ul>
<b>Modalità dell'esame</b> Esame orale	<b>Examination type</b> Oral examination
<b>Programma:</b> Lezioni frontali (4 CFU - 28 ore): Introduzione: Geografia fisica marina, oceanografia e geomorfologia marina. Metodi di ricerca in geomorfologia sottomarina. Mappatura dei fondali, tecniche di campionamento e ispezioni visive: strumenti e pianificazione delle indagini. Geomorfologia dei fondali oceanici. La mappa globale dei fondali oceanici e classificazione delle forme a grandi scala (margini continentali, isole oceaniche e vulcani sottomarini, dorsali oceaniche, piane abissali e fosse oceaniche). Processi geomorfici in ambiente sottomarino e costiero. Venti e circolazione oceanica (effetti sulle forme costiere e sottomarine), onde e maree. Cambiamenti del livello del mare (indicatori geomorfologici). Processi	<b>Programme:</b> Frontal lectures (4 CFU - 28 hours): Introduction: Marine Physical Geography, Oceanography and Marine Geomorphology. Research methods in submarine geomorphology. Seafloor mapping, seafloor sampling and visual surveys: tools and survey design Geomorphology of the ocean seafloor. A global map of the ocean seafloor and classification of large-scale submarine landforms (continental margins, oceanic islands and seamounts, mid-ocean ridges, abyssal hills and plains, trenches). Drivers of seafloor geomorphic changes in submarine environments. Winds and ocean circulation (effects on coastal and submarine landforms). Waves and tides. Sea-level changes (geomorphological indicators). Submarine sedimentary processes, environments and landforms:

<b>INTRODUZIONE ALLA GEOGRAFIA FISICA MARINA</b>	<b>INTRODUCTION TO MARINE PHYSICAL GEOGRAPHY</b>
<p>sedimentari in ambiente sommerso, ambienti di sedimentazione e morfologie associate: Morfologie della piattaforma continentale, contouriti, onde di sedimento e strutture sedimentarie generate dall'azione delle correnti di fondo, processi di risedimentazione (frane sottomarine e flussi torbidity), canyon sottomarini e solchi d'erosione, sistemi argini-canale delle conoidi sottomarine. Strutture legate alla risalita di gas e fluidi dal fondo.</p> <p>I sistemi costieri: Terminologie e classificazione dei sistemi costieri. Delta, estuari e spiagge. Coste rocciose e scogliere coralline.</p> <p>Laboratorio (2 CFU - 24 ore): Rilevamento geomorfologico in ambiente sommerso: tecniche e metodi per l'acquisizione e l'elaborazione dei dati</p> <p>Esercitazioni (2 CFU - 24 ore): Implementazione di dati batimetrici, di backscattering e sismici in un sistema GIS e creazione di cartografie tematiche di ambiente marino sommerso.</p>	<p>Continental shelf landforms, Contourites, sediment waves and bedforms, resedimentation processes, submarine slides, submarine canyons and gullies, channel and fans. fluid escape features.</p> <p>Coastal systems: terminologies and classification of coastal systems. Delta, estuaries and beaches. Rocky coasts and coral reefs.</p> <p>Laboratory lectures (2 CFU - 24 hours): Submarine geomorphological mapping: techniques and methods for data acquisition and processing</p> <p>Laboratory lectures (2 CFU - 24 hours): Seafloor acoustic mapping data integration in GIS application, creation of geomorphological maps for the submarine environment.</p>
<p><b>Orario di ricevimento</b> Giovedì 10:30-12:30</p>	<p><b>Office Hours</b> Thursday 10:30-12:30 am.</p>

<b>METODI DI INDAGINE GEOLOGICO-TECNICA</b>	<b>ENGINEERING GEOLOGICAL SURVEY AND SITE INVESTIGATION</b>
<b>I anno, I semestre</b>	<b>I year, I semester</b>
<b>CFU 6</b>	<b>ECTS 6</b>
<p><b>Docente</b> <b>Prof. Federico Agliardi</b></p>	<p><b>Lecturer</b> <b>Prof. Federico Agliardi</b></p>
<p><b>Contenuti</b> Teoria e tecniche di indagine geologico-tecnica e geomeccanica dei terreni e degli ammassi rocciosi, in superficie e nel sottosuolo.</p>	<p><b>Contents</b> Theory and techniques of engineering geological and geomechanical characterisation of soils and rock masses at surface and depth.</p>
<p><b>Testi di riferimento</b> Dispense e materiale bibliografico forniti dal docente</p>	<p><b>References</b> Teacher's lecture notes and supplementary material</p>
<p><b>Obiettivi formativi</b> Conoscenza approfondita dei metodi di acquisizione e analisi di dati per la caratterizzazione fisica e idro-geomeccanica di terreni e ammassi rocciosi, tramite rilievi in superficie e indagini del sottosuolo.</p>	<p><b>Aims</b> Advanced knowledge of data collection and analysis methods for the physical and hydro-geomechanical characterization of soil and rock masses by surface and sub-surface site investigation.</p>
<p><b>Prerequisiti</b> Geologia generale, idrogeologia, geologia applicata</p>	<p><b>Prerequisites</b> Geology, hydrogeology, engineering geology</p>
<p><b>Modalità didattica</b> - Lezione frontale, 28 ore (4 CFU) - Esercitazione, 12 ore (1 CFU) - Attività di campo, 10 ore(1CFU)</p>	<p><b>Teaching form</b> - Lectures, 28 hours (4 credits) - Exercises, 12 hours (1 credit) - Fieldwork, 10 hours (1 credit)</p>
<p><b>Modalità di verifica</b> Orale sulla teoria e discussione di relazioni sulle attività svolte in laboratorio e sul campo.</p>	<p><b>Examination type</b> Oral examination and discussion of technical reports on laboratory and field work</p>

METODI DI INDAGINE GEOLOGICO-TECNICA	ENGINEERING GEOLOGICAL SURVEY AND SITE INVESTIGATION
<p><b>Programma per esteso</b> Teoria:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Indagine geologico-tecnica in superficie e nel sottosuolo: norme tecniche, pianificazione e strutturazione per fasi; aspetti geologici e metodologici del rilevamento geologico-tecnico.</li> <li>2) Tecniche di proiezione stereografica: proiezioni emisferiche; rappresentazione, analisi geometrica e statistica di dati di orientazione; applicazioni in geologia applicata e meccanica delle rocce.</li> <li>3) Caratterizzazione geomeccanica degli ammassi rocciosi: natura e comportamento degli ammassi rocciosi; resistenza e deformabilità di roccia intatta, discontinuità e ammassi rocciosi; caratterizzazione delle discontinuità tramite campionamento areale o scanlines; applicazioni di tecniche remote (es. TDP, TLS); misure di orientazione, densità/intensità, persistenza e resistenza delle discontinuità; classificazioni geomeccaniche (RMR, Q, GSI); proprietà idro-meccaniche degli ammassi rocciosi, approccio di Hoek e Brown; caratterizzazione di ammassi rocciosi deboli e complessi.</li> <li>4) Caratterizzazione geologico-tecnica dei terreni: criteri descrittivi e prove di identificazione in sito, classificazione tecnica da dati di laboratorio e di rilevamento geologico-tecnico (USCS).</li> <li>5) Indagine geologica e geotecnica del sottosuolo: pianificazione; perforazioni di sondaggio (tecniche, attrezzature, procedure), fluidi di perforazione, stabilizzazione del foro, sondaggi orientati; campionamento geotecnico di terre e rocce in scavi e sondaggi (fonti di disturbo, tecniche di prelievo e conservazione); logs di foro e di sondaggio, caratterizzazione stratigrafica, geotecnica e geomeccanica di carote di sondaggio.</li> <li>6) Prove geotecniche in situ: applicabilità, vantaggi e limitazioni; prove penetrometriche dinamiche (SPT, DP) e statiche, prove scissometriche, dilatometriche e pressiometriche, misura delle pressioni neutre.</li> </ol> <p>Esercitazioni in laboratorio: Proiezioni stereografiche, classificazione geologico-tecnica di terreni, esecuzione di logs di sondaggio, elaborazione di dati da prove in situ.</p> <p>Attività di campo: Caratterizzazione geomeccanica di ammassi rocciosi, logging geomeccanico di carote di sondaggio, indagini in sito.</p>	<p><b>Contents (extended)</b> Lectures:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Engineering geological survey and site investigation: technical standards, investigation planning and project staging; general geological and methodological aspects.</li> <li>2) Stereographic projection techniques: emispherical projections; plotting, geometrical and statistical analysis of orientation data; applications to engineering geology and rock mechanics.</li> <li>3) Rock mass characterization: rock mass behaviours; strength and deformability of intact rock, discontinuities and rock masses; field discontinuity surveys using areal and scanline sampling; applications of remote survey techniques (e.g. TDP, TLS); measures of fracture orientation, density/intensity, persistence and strength; rock mass classification schemes (RMR, Q, GSI); hydro-mechanical properties of rock masses, Hoek-Brown approach; complex rock masses.</li> <li>4) Engineering geological characterization of soils: criteria and tests for field identification and description, technical classification using laboratory or field data (USCS).</li> <li>5) Geological and geotechnical site investigations: work planning; borehole drilling (techniques, equipment, procedures), drilling fluids, borehole support and stabilization, oriented boreholes; geotechnical sampling methods (source of disturbance, sampling techniques and tools); geological, geotechnical and geomechanical borehole logging.</li> <li>6) In situ testing: applicability, advantages and limitations; SPT and dynamic penetration tests, cone penetration tests, field vane test, flat dilatometer and pressuremeter tests, pore pressure measurement.</li> </ol> <p>Lab work: Stereographic projections, engineering classification of soils, geological and geotechnical core logging, analysis of site investigation data.</p> <p>Field work: Rock mass characterization, geomechanical core logging, site investigation.</p>
<p><b>Orario di ricevimento</b> Su appuntamento</p>	<p><b>Office hours</b> On appointment</p>

PROSPEZIONI GEOFISICHE	GEOPHYSICAL PROSPECTING
I anno, I semestre	I year, I semester
CFU 8	ECTS 8
<p><b>Docente</b> <b>Dott. Roberto de Franco</b> <b>Dott.ssa Grazia Caielli</b></p>	<p><b>Lecturer</b> <b>Dr. Roberto de Franco</b> <b>Dott.ssa Grazia Caielli</b></p>
<p><b>Contenuti</b> Inversione dati geofisici, Analisi di segnali geofisici, Onde acustiche ed elastiche, Metodo sismico a</p>	<p><b>Contents</b> Geophysical data inversion, Geophysical signal analysis, Seismic refraction method, seismic</p>

PROSPEZIONI GEOFISICHE	GEOFYSICAL PROSPECTING
rifrazione, metodo sismico a riflessione, Metodi elettrici in corrente continua, Polarizzazione indotta. Esercitazioni di laboratorio e di campo di sismica e geoelettrica.	reflection method, DC geo-electrical method, Induced polarisation. Laboratory and field experiences on seismic and geo-electrical methods.
<b>Testi di riferimento</b> Slides delle lezioni frontali, Software di elaborazione ed interpretazione di dati sismici Software di elaborazione ed interpretazione di dati geoelettrici Kearey, P., M. Brooks, I. Hill. An Introduction to geophysical Exploration. Blackwell Pub., ISBN 0-632-04929-4.	<b>References</b> Lesson slides, Seismic processing and interpretation softwares Geo-electrical interpretation software Kearey, P., M. Brooks, I. Hill. An Introduction to geophysical Exploration. Blackwell Pub., ISBN 0-632-04929-4.
<b>Obiettivi</b> Fornire gli strumenti teorici e pratici: per applicare correttamente i metodi di prospezione geofisica e per sapere interpretare i dati geofisici.	<b>Aims</b> Providing the theoretical and practical: to correctly apply the methods of geophysical prospecting and know how to interpret geophysical data.
<b>Prerequisiti</b> Fisica di base: meccanica, elettromagnetismo, onde.	<b>Prerequisites</b> Physics basic: mechanics and electromagnetism, Waves.
<b>Modalità didattica</b> - Lezione frontale, 42 ore 6 CFU - Esperienze di laboratorio e acquisizioni in campo, 24 ore 2 CFU	<b>Teaching form</b> - Lessons, 42 hours - Laboratory experiences and field acquisitions, 24 hours
<b>Modalità dell'esame</b> Esame orale Valutazione elaborato su esercizi svolti a casa.	<b>Examination type</b> Oral examination – Evaluation of the home exercise report.
<b>Programma</b> Introduzione all'inversione di dati geofisici: spazio dei dati e dei modelli e ipotesi a-priori: il problema della regressione di dati sperimentali come problema inverso. Introduzione all'analisi del segnale geofisico e loro trattamento basico (analisi spettrale, filtraggio, convoluzione e crosscorrelazione). Introduzione al processing in diversi domini di elaborazione (tempo, frequenza e numeri d'onda). Onde e loro generalità, propagazione delle onde acustiche ed elastiche: fronti d'onda e raggi sismici. Relazione tra velocità delle onde elastiche e moduli elastici. Sismica a rifrazione e suoi fondamenti teorici. Tecniche di acquisizione dati e metodi di inversione dei dati a rifrazione: singolo profilo, profili reciproci, delay-time, GRM. Tecniche di imaging a rifrazione e tomografia sismica da primi arrivi. Metodo di sismica a riflessione e suoi fondamenti teorici. Tecniche di acquisizione dati sismici a riflessione e configurazioni dati. Domini e principali passi di elaborazione di dati sismici a riflessione: Input della geometria, filtraggi, guadagno, sorting del dato, analisi di velocità, correzione di NMO, stacking e migrazione. Teoria di base del metodo della resistività in corrente continua. Legge di Archie. Sondaggi elettrici verticali, profili di resistività e tomografia elettrica. Inversione dati geoelettrici ed interpretazione: metodi di inversione numerica e metodi degli abachi e delle curve ausiliarie. Metodo della polarizzazione indotta nel dominio del tempo e della frequenza. Cenni su altri metodi di prospezione: teorie di base, parametri misurabili e campi di applicazione. Per i metodi presi in considerazione verrà dato particolare risalto alle loro potenzialità nei diversi settori d'esplorazione e alle relative limitazioni. Infine per le tecniche di prospezione sismica ed elettrica saranno trattati gli aspetti pratici di progettazione dei rilievi in campo e dei relativi protocolli di acquisizione con	<b>Programme</b> Introduction to the inversion of geophysical data: data and model spaces and a priori assumptions: the regression problem of experimental data as an inverse problem. Introduction to geophysical signal processing and their basics (spectral analysis, filtering, convolution and cross-correlation). Introduction to the signal processing in different domains (time, frequency and wave numbers). Waves and their generality, acoustic and elastic wave propagation: seismic wave fronts and rays. Relationships between wave velocities and elastic moduli. Seismic refraction and its theoretical basics. Data acquisition techniques and methods of inversion seismic refraction data: single profile, profiles, reciprocal, time-delay, GRM. Imaging techniques in refraction seismic and seismic tomography of first arrivals. Seismic reflection method and its theoretical basics. Techniques of seismic reflection data acquisition and data configuration. Processing domains and main steps of seismic reflection data processing: Input geometry, filtering, gain, since the sorting, velocity analysis, NMO correction, stacking and migration. Basic theory of the method of DC resistivity. Archie's Law. Vertical electrical soundings, resistivity profiles and electrical tomography. Inversion and interpretation of geo-electric data with numerical inversion and auxiliary curve methods. Method of induced polarization in the time domain and frequency. Notes on other prospecting methods: basic theories, measurable parameters and fields of application. For the considered methods will be given special emphasis to their potentiality in different areas of exploration and the limitations. Finally, for seismic and geo-electrical techniques will be treated the practical design of surveys in the field and the acquisition protocols including the measurement procedures and

<b>PROSPEZIONI GEOFISICHE</b>	<b>GEOFYSICAL PROSPECTING</b>
riferimento alle procedure di misura e relativa logistica sperimentale.	experimental logistics.
<b>Orario di ricevimento</b> Su richiesta tramite contatto e-mail grazia.caielli@idpa.cnr.it roberto.defranco@idpa.cnr.it	<b>Office hours</b> On demand by e-mail grazia.caielli@idpa.cnr.it roberto.defranco@idpa.cnr.it

<b>FISICA DEL MARE</b>	<b>PHYSICS OF THE SEA</b>
<b>I anno, II semestre</b>	<b>I year, II semester</b>
<b>CFU 6</b>	<b>ECTS 6</b>
<b>Docente</b> <b>Prof Claudia Pasquero</b>	<b>Lecturer</b> <b>Prof. Claudia Pasquero</b>
<b>Contenuti</b> Dopo una prima parte dedicata alle proprietà fisiche fondamentali dell'oceano, verranno introdotte le leggi della fluidodinamica geofisica. Verranno quindi analizzate alcune soluzioni approssimate di tali leggi, che ben descrivono caratteristiche salienti della circolazione oceanica. Nella parte di laboratorio verranno analizzati dati osservativi oceanici attraverso il programma Matlab.	<b>Contents</b> In the first part of the course fundamental physical properties of the ocean will be introduced. The second part will be basic geophysical fluid dynamics, with the discussion of solutions to approximations relevant for the description of the ocean circulation. Observational data analysis through the Matlab program will be performed in the laboratory.
<b>Testi di riferimento</b> Stewart, "Introduction to Physical Oceanography", disponibile gratuitamente on line. Marshall and Plumb "Atmosphere, Ocean, and Climate Dynamics", Academic Press (2008) Vallis "Atmospheric and Oceanic Fluid Dynamics", Cambridge Univ. Press (2006)	<b>References</b> Stewart, "Introduction to Physical Oceanography", available for free on line. Marshall and Plumb "Atmosphere, Ocean, and Climate Dynamics", Academic Press (2008) Vallis "Atmospheric and Oceanic Fluid Dynamics", Cambridge Univ. Press (2006)
<b>Obiettivi formativi</b> Fornire le conoscenze di base della fisica degli oceani. Mostrare l'utilità di modelli fisici e matematici per la descrizione e la comprensione della fluidodinamica geofisica. Fornire le basi per una corretta lettura e analisi dei dati oceanografici (files netcdf, routines Matlab)	<b>Aims</b> Provide basic knowledge of the physics of the oceans. Show the usefulness of mathematical and physical models for the description and the understanding of geophysical fluid dynamics. Provide basic knowledge of oceanographic data formats and processing and visualization tools (netcdf files, Matlab scripts).
<b>Modalità didattica</b> Lezione frontale 35 ore 5 CFU Laboratorio informatico 12 ore 1 CFU	<b>Teaching form</b> Lessons computer lab
<b>Modalità di verifica</b> - esame orale - valutazione del progetto computazionale	<b>Examination type</b> - Oral examination - Computing project
<b>Programma per esteso</b> Fisica degli oceani: Propagazione della luce e del suono. Temperatura e salinità. Equazione di stato. Stratificazione. Distribuzione di traccianti. Bilancio di calore. Masse d'acqua. Diagrammi temperatura-salinità. Dinamica dell'oceano: Equazioni di Navier Stokes. Conservazione della massa. Approssimazione idrostatica. Approssimazione geostrofica. Cicloni e anticicloni. Equilibrio del vento termico. Vorticità. Strato limite. Circolazione a grande scala. Giri oceanici subtropicali e polari, correnti sullo strato limite occidentale. Onde di gravità. Onde di Rossby e di Kelvin. Flussi turbolenti. Analisi dati oceanografici: Banche dati oceanografici,	<b>Programme</b> Ocean Physics: Light and sound propagation. Temperature and salinity. Equation of state. Stratification. Tracer distribution. Heat fluxes. Water masses. T-S diagrams. Oceanic Dynamics: Navier-Stokes equation. Mass conservation. Hydrostatic approximation. Geostrophic approximation. Thermal wind equation. Vorticity. Boundary layer. Large scale circulation and winds. Subtropical and subpolar gyres. Western boundary currents. Gravity waves. Rossby and Kelvin waves. Turbulent fluxes. Ocean data analysis: Introduction to ocean databases, use of netcdf files through the software program

<b>FISICA DEL MARE</b>	<b>PHYSICS OF THE SEA</b>
manipolazione files netcdf attraverso il software Matlab, introduzione all'analisi di dati con struttura spazio-temporale, creazione di mappe oceaniche.	Matlab, introduction to spatio-temporal data analysis, visualization of ocean maps.
<b>Orario di ricevimento</b> Contattare il docente	<b>Office hours</b> Contact the instructor

<b>BIOFACIES</b>	<b>BIOFACIES</b>
<b>BIOFACIES</b>	<b>BIOFACIES</b>
<b>I anno, II semestre</b>	<b>I year, II semester</b>
<b>CFU 4</b>	<b>ECTS 4</b>
<b>Docente</b> <b>Prof. Daniela Basso</b> <b>Prof. Elisa Malinverno</b>	<b>Lecturer</b> <b>Prof. Daniela Basso</b> <b>Prof. Elisa Malinverno</b>
<b>Contenuti</b> Riconoscimento delle biofacies come strumento per la definizione del paleoambiente bentonico di piattaforma. Applicazioni ed esempi. Proxies biogeochimici registrati in organismi bentonici: esempi da coralli, alghe calcaree e bivalvi. Introduzione alla paleoecologia marina applicata: basi concettuali, strategie di campionamento, casi di studio. Statistica multivariata applicata all'analisi paleoecologica. Osservazioni e lavoro sul campo, tecniche e analisi di laboratorio.	<b>Contents</b> Identifying biofacies as a tool for paleoenvironmental definition. Applications and examples. Biogeochemical proxies recorded in benthic organisms: examples from corals, coralline algae and bivalves. Introduction to applied marine paleoecology: rationale, sampling strategies, case histories. Multivariate statistics applied to paleoecological analysis. Field observations and sampling, laboratory analyses and techniques.
<b>Testi di riferimento</b> Dispense e articoli di approfondimento forniti dal docente	<b>References</b> Slides and selected scientific papers provided by the teacher
<b>Obiettivi formativi</b> Facies bentoniche e Paleoecologia Marina Applicata Fornire le competenze tecniche minime necessarie alla pianificazione, analisi e interpretazione dei risultati di un'indagine paleontologica/paleoecologica. Fornire lo schema concettuale e la metodologia per l'impiego della paleoecologia nella ricostruzione dell'evoluzione ambientale quaternaria di aree marine di piattaforma e di transizione, in funzione dei cambiamenti naturali e della storia dell'impatto umano. Capacità di riconoscere ed interpretare alcune comuni facies bentoniche e tafofacies. Capacità di utilizzare correttamente alcuni comuni metodi di analisi statistica multivariata per l'interpretazione delle associazioni bentoniche. Microfacies; L'Ambiente Pelagico Conoscenza dei microfossili utili all'inquadramento paleoambientale e biostratigrafico in campioni provenienti da diversi contesti oceanografici. Basi tassonomiche per il riconoscimento delle principali specie planctoniche. Applicazione delle associazioni a microfossili per le ricostruzioni paleoecologiche. Micropaleontologia ambientale. Tafonomia	<b>Aims</b> Benthic facies and applied marine paleoecology To provide technical skills to plan, analyse and interpret the results of the paleontological and paleoecological investigation. To provide the rationale and the methods for the use of palaeoecology in the reconstruction of recent environmental changes in transitional and marine coastal areas, on the basis of the interplay between natural change and history of the anthropogenic impact. Ability to identify and interpret some common macrobenthic facies, and taphofacies. Ability to manage the commonest multivariate methods of statistical analyses for the Microfacies; the Pelagic Environment Knowledge of the microfossil groups which are useful to define a paleoenvironmental and biostratigraphic framework from different oceanographic settings. Taxonomic bases for the identification of the main planktonic species. Application of microfossil assemblage for paleoecological reconstructions. Environmental Micropaleontology. Taphonomy.
<b>Prerequisiti</b> Paleontologia, Geobiologia	<b>Prerequisites</b> Palaeontology, Geobiology



BIOFACIES	BIOFACIES
<b>Modalità didattica</b> - Lezione frontale 28 ore 4 CFU - Esercitazioni 24 ore 2 CFU - Attività di terreno 20 ore 2 CFU	<b>Teaching form</b> - Lessons - Laboratory experiences - Field activity
<b>Modalità di verifica</b> Esame scritto: testo con 8 domande a scelta multipla, 2 domande aperte con risposta breve Relazione scritta sulle attività di laboratorio Esame orale: presentazione di un articolo scientifico e discussione con i docenti Valutazione: media pesata, voto in trentesimi	<b>Examination type</b> Written examination: test with 8 multiple choice questions, 2 open questions with brief answer Written report on the lab activities Oral examination: presentation of a scientific paper and discussion with the teachers Grading: weighted average of all grades, in /30.
<b>Programma per esteso</b> Facies bentoniche e Paleoecologia Marina Applicata Lezioni: Strategie e tecniche di campionamento relative a biocenosi marine e paraliche, tanatocenosi e fossil assemblages. Gli effetti dei principali processi biostratinomici sul macrobenthos. Paleoecologia marina applicata: basi concettuali, casi di studio. Statistica multivariata applicata all'analisi paleoecologica. Laboratorio: Riconoscimento al microscopio delle specie chiave all'interno dei principali gruppi di macrofossili bentonici (molluschi, brachiopodi, coralli, alghe calcaree, briozoi). Quantificazione del contributo sedimentario dei diversi componenti l'associazione. Analisi di facies macrobentoniche e identificazione dell'ambiente di provenienza. Tecniche di campionamento e analisi di laboratorio relative ad associazioni marine e paraliche, tanatocenosi e fossil assemblages. Osservazioni sugli effetti dei principali processi biostratinomici sul macrobenthos. Tabulazione, elaborazione ed interpretazione di dati paleobiologici multivariati. Campus: Attività didattica sul campo per l'osservazione di facies bentoniche Modulo II: Microfacies; L'Ambiente Pelagico Lezioni: Microfossili e (paleo) ambienti oceanici. Basi tassonomiche per l'identificazione dei principali gruppi planctonici. Paleoecologia e biogeografia del plancton. Biofacies in ambiente pelagico: ambiente sedimentario e diagenesi. Basi per l'inquadramento biostratigrafico di successioni sedimentarie in ambiente pelagico. Esempi nell'ambiente attuale e nel registro geologico. Laboratorio: Riconoscimento al microscopio delle specie chiave all'interno dei principali gruppi di microfossili (nannofossili calcarei, diatomee, silicoflagellati, foraminiferi). I laboratori sono volti a: a) il riconoscimento delle biofacies e l'identificazione del paleoambiente (fascia costiera, piattaforma continentale, scarpata continentale, piana abissale) in diversi contesti oceanografici (gyre oligotrofico medio-oceanico, zone di upwelling, aree con apporti continentali, zone polari); b) l'identificazione di biozone tramite il riconoscimento di marker biostratigrafici per alcuni intervalli di tempo. Campus: Attività didattica sul campo per l'osservazione di microfacies.	<b>Programme</b> Benthic facies and applied marine paleoecology Lessons: Sampling strategies and techniques for the study of marine and transitional benthic associations, death and fossil assemblages. Taphonomic processes and their effects on macrobenthos. Applied marine paleoecology: rationale, case histories. Multivariate statistics for benthic paleoecology. Laboratory: Identification of key species within the main macrobenthic groups (mollusks, brachiopods, corals, calcareous algae, bryozoans). Quantification of the sedimentary contribution of the components of the benthic association. Macrobenthic facies analysis and identification of the paleoenvironment. Laboratory techniques and analyses for the study of marine and transitional benthic associations, death and fossil assemblages. Observations of the effects of the biostratinomic processes on shelled macrobenthos. Preparation, elaboration, and interpretation of multivariate paleobiological data. Campus: Field work for the observation of benthic facies. Microfacies; the Pelagic Environment Lessons: Microfossils and oceanic (paleo)environments. Taxonomic bases for the identification of the main plankton groups. Facies in the pelagic environment: sedimentary environment and diagenesis. Bases for the definition of a biostratigraphic framework for pelagic sedimentary successions. Examples from the present-day environment and from the geological record. Laboratory: Identification, through binocular and polarized light microscope, of key species within the main microfossil groups (calcareous nannofossils, diatoms, silicoflagellates, foraminifera). The laboratory classes will be devoted to: a) the recognition of biofacies and the identification of paleoenvironments (coastal zone, continental shelf, continental slope, abyssal plain) in different settings (mid-ocean oligotrophic gyre, upwelling zones, areas with strong continental input, polar zones); b) the identification of biozones through the recognition of biostratigraphic markers for selected time frames. Campus: Field work for the observation of microfacies
<b>Orario di ricevimento</b> lunedì e giovedì 9:00-12:00 su appuntamento	<b>Office hours</b> Monday and Thursday 9:00 AM - 12.00 A.M. upon appointment

<b>GEOLOGIA STRATIGRAFICA E REGIONALE</b>	<b>ADVANCED STRATIGRAPHY AND REGIONAL GEOLOGY</b>
<b>I anno, II semestre</b>	<b>I year, II semester</b>
<b>CFU 6</b>	<b>ECTS 6</b>
<b>Docente</b> <b>Prof. Eduardo Garzanti</b>	<b>Lecturer</b> <b>Prof. Eduardo Garzanti</b>
<b>Contenuti</b> La geologia stratigrafica e il tempo profondo. La scala dei tempi geologici. Natura ciclica e discontinua del record stratigrafico. Stratigrafia fisica, sismica e sequenziale dei sistemi terrigeni e carbonatici. Geologia d' Italia con particolare riguardo al Permo-Mesozoico della catena Sudalpina. Apertura e chiusura della Tetide. La lettura delle successioni sedimentarie sul terreno.	<b>Contents</b> The stratigraphic approach to geology and the depth of time. Cyclical and discontinuous nature of the stratigraphical record. Physical, seismic and sequence stratigraphy of terrigenous and carbonate systems. Geology of Italy with specific focus on the Permo-Mesozoic succession of the Southalpine belt. Opening and closure of the
<b>Testi di riferimento</b> Ager, D. The nature of the stratigraphical record. Wiley. Ager D., The new catastrophism. Cambridge University Press. Miall A.D., 1997, The geology of stratigraphic sequences, Springer Verlag. Payton, C.E. 1977. Seismic stratigraphy – applications to hydrocarbon exploration. American Association of Petroleum Geologists, Memoir 26. Wilgus et al., 1988. Sea-level changes: an integrated approach. S.E.P.M. Spec. Publ. 42. Bosellini A., Winterer E.L., 1981, Subsidence and sedimentation on Jurassic passive continental margin, Southern Alps, Italy, Am. Ass. Petrol. Geol. Bulletin, v. 65, p. 394-421. Bosellini A., 1984, Progradation geometries of carbonate platforms: examples from the Triassic of the Dolomites, northern Italy, Sedimentology, v. 31, p. 1-24. Gaetani M., Gnaccolini M., Jadoul F. & Garzanti E., 1998, Multiorder sequence stratigraphy in the Triassic System of the Western Southern Alps. In: Mesozoic and Cenozoic sequence stratigraphy of European Basins, S.E.P.M. Spec. Publ. 60, p. 701-717, Tulsa. Muttoni G, Erba E, Kent DV, Bachtadse V., 2005, Mesozoic Alpine facies deposition as a result of past latitudinal plate motion, Nature, v. 434, p. 59-63. Muttoni, G., Kent D.V., Garzanti, E., Brack, P., Abrahamsen, N., and Gaetani M., 2003, The mid-Permian revolution from Pangea 'B' to Pangea 'A', Earth Planet. Sci. Lett., v. 215, p. 379-394.	<b>References</b> Ager, D. The nature of the stratigraphical record. Wiley. Ager D., The new catastrophism. Cambridge University Press. Miall A.D., 1997, The geology of stratigraphic sequences, Springer Verlag. Payton, C.E. 1977. Seismic stratigraphy – applications to hydrocarbon exploration. American Association of Petroleum Geologists, Memoir 26. Wilgus et al., 1988. Sea-level changes: an integrated approach. S.E.P.M. Spec. Publ. 42. Bosellini A., Winterer E.L., 1981, Subsidence and sedimentation on Jurassic passive continental margin, Southern Alps, Italy, Am. Ass. Petrol. Geol. Bulletin, v. 65, p. 394-421. Bosellini A., 1984, Progradation geometries of carbonate platforms: examples from the Triassic of the Dolomites, northern Italy, Sedimentology, v. 31, p. 1-24. Gaetani M., Gnaccolini M., Jadoul F. & Garzanti E., 1998, Multiorder sequence stratigraphy in the Triassic System of the Western Southern Alps. In: Mesozoic and Cenozoic sequence stratigraphy of European Basins, S.E.P.M. Spec. Publ. 60, p. 701-717, Tulsa. Muttoni G, Erba E, Kent DV, Bachtadse V., 2005, Mesozoic Alpine facies deposition as a result of past latitudinal plate motion, Nature, v. 434, p. 59-63. Muttoni, G., Kent D.V., Garzanti, E., Brack, P., Abrahamsen, N., and Gaetani M., 2003, The mid-Permian revolution from Pangea 'B' to Pangea 'A', Earth Planet. Sci. Lett., v. 215, p. 379-394.
<b>Obiettivi formativi</b> Capacità di analizzare e comprendere i processi di sedimentazione e della loro registrazione stratigrafica. Ricavare dalle successioni stratigrafiche il loro significato sedimentologico paleogeografico e paleogeodinamico.	<b>Aims</b> Understanding sedimentary processes and the nature of the stratigraphical record. Unraveling stratigraphic successions to unveil their sedimentological, paleogeographic and paleotectonic significance.
<b>Prerequisiti</b> Solide conoscenze generali di paleontologia, geologia del sedimentario e geologia generale	<b>Prerequisites</b> Firm knowledge of the fundamentals of paleontology, sedimentary geology and general geology



<b>GEOLOGIA STRATIGRAFICA E REGIONALE</b>	<b>ADVANCED STRATIGRAPHY AND REGIONAL GEOLOGY</b>
<b>Modalità didatticaL</b> Lezioni frontali 21 ore 3 CFU Esercitazioni 12 ore 1 CFU Didattica campus abroad 20 ore 2 CFU uscite sul terreno di Stratigrafia del Sudalpino.	<b>Teaching form</b> Lessons, laboratory experiences and field excursions on the Stratigraphy of the Southern Alps.
<b>Modalità di verifica</b> Esame scritto + esame orale + relazione geologica sulle uscite di terreno	<b>Examination type</b> Written examination + oral examination + written report on field excursions
<b>Programma per esteso</b> Primo modulo (Geologia Stratigrafica): Natura del Record Stratigrafico. Discordanze, discontinuità e ciclicità. Sedimentazione comprensiva e condensata. Il record astronomico. Stratigrafia fisica, sismica, dinamica e sequenziale. Analisi di bacino. Stratigrafia ed evoluzione geodinamica delle Alpi Meridionali. Sul terreno: Uscite giornaliere su diversi temi: Evento tettono-magmatico Permiano inferiore; Ciclo tettono-magmatico medio-Triassico; Rifting e spreading della Tetide Alpina.	<b>Programme</b> First part (Advanced stratigraphy): Nature of the Stratigraphical record. Unconformities, discontinuities and cyclicity. Comprehensive and condensed sedimentation. The astronomical record. Physical, seismic, dynamic and sequence stratigraphy. Basin analysis. Stratigraphic and geodynamic evolution of the Southern Alps. Field work: Daily excursions on the following themes: Early Permian tectono-magmatic event; Mid-Triassic tectono-magmatic cycle; Rifting and spreading of Alpine Tethys.
<b>Orario di ricevimento</b> Su appuntamento contattando il docente via email	<b>Office hours</b> On appointment by email

<b>TETTONICA ATTIVA E VULCANOTETTONICA</b>	<b>ACTIVE TECTONICS AND VOLCANOTECTONICS</b>
<b>I anno, I semestre</b>	<b>I year, I semester</b>
<b>CFU 6</b>	<b>ECTS 6</b>
Docente: <b>Prof. Alessandro Tibaldi</b>	Lecturer: <b>Prof. Alessandro Tibaldi</b>
<b>Contenuti</b> I contenuti generali permettono la preparazione dello studente per poter affrontare un'indagine geologico-strutturale applicata al riconoscimento delle deformazioni tettoniche recenti e attive, nonché lo studio delle strutture in aree vulcaniche distinguendo le deformazioni indotte dalla tettonica generale da quelle imputabili agli sforzi magmatici.	<b>Contents</b> The general objectives comprehend the preparation of students in order to carry out geological-structural analyses applied to the recognition of recent and active tectonic deformations. In the second part of the course, students will analyse the structures in volcanic areas in order to distinguish those produced by tectonic forces from those caused by magmatic forces.
<b>Testi di riferimento</b> Tibaldi A., e F. Pasquarè-Mariotto, 2015. Structural Geology of Active Tectonic Areas and Volcanic Regions. Lulu Press, 211 pagine (disponibile anche su: <a href="http://www.Lulu.com">www.Lulu.com</a> ; <a href="http://www.Amazon.com">www.Amazon.com</a> ; ecc.).	<b>References</b> Tibaldi A., and F. Pasquarè-Mariotto, 2015. Structural Geology of Active Tectonic Areas and Volcanic Regions. Lulu Press, 211 pages (available also at: <a href="http://www.Lulu.com">www.Lulu.com</a> ; <a href="http://www.Amazon.com">www.Amazon.com</a> ; etc.).
<b>Obiettivi formativi</b> Fornire metodi di indagine geologico-strutturale per il riconoscimento delle deformazioni tettoniche recenti e attive, e per l'analisi delle strutture in aree vulcaniche.	<b>Aims</b> Explaining methods of geological-structural analysis for the recognition of recent and active tectonic deformations, and for the analysis of the structures in volcanic areas.
<b>Prerequisiti</b> Conoscenze di base di geologia, geomorfologia e geologia strutturale.	<b>Prerequisites</b> Base knowledge of geology, structural geology and geomorphology.
<b>Modalità didattica</b> - Lezione frontale 42 ore 6 CFU	<b>Teaching form</b> - Lessons.42 hours

<b>TETTONICA ATTIVA E VULCANOTETTONICA</b>	<b>ACTIVE TECTONICS AND VOLCANOTECTONICS</b>
<b>Modalità di verifica</b> - esame scritto/orale	<b>Examination type</b> - Written/oral examination
<b>Programma per esteso</b> Tettonica attiva: geologia dei terremoti; strutture geologicamente attive e sismogenetiche; aspetti geologico strutturali e morfostrutturali per riconoscere faglie e pieghe attive; misura delle dislocazioni lungo faglie attive; tassi di dislocazione; relazioni tra lunghezza rottura superficiale, magnitudo, dislocazione; influenza della topografia sulle dislocazioni; misure di orientazione degli sforzi; tecniche paleosismologiche; valutazione della pericolosità geologica; esempi di studio. Vulcanotettonica: deformazioni delle aree vulcaniche; caldere; collassi laterali; stress tettonici e morfometria degli edifici vulcanici; reologia dei flussi lavici e piroclastici e strutture correlate; vulcanismo in aree trascorrenti, con faglie inverse e con faglie normali; corpi subvulcanici; contributo per la valutazione della pericolosità geologica; esempi di studio.	<b>Programme</b> Active tectonics: geology of earthquakes; geologically active and seismogenetic structures; geological-structural and morphostructural analyses for recognizing active faults and folds; measure of the offset along active faults; dislocation rate; relationships between surface rupture length, magnitude, dislocation; influence of the topography on the dislocations; measures of stress orientation; palaeoseismologic techniques; evaluation of geological hazard; examples of study. Volcanotectonics: deformations of volcanic areas; calderas; lateral collapses; tectonic stress and volcano morphometry; rheology of lava flows and pyroclastic deposits and correlated structures; volcanism in areas of transcurrent, normal, and reverse faulting; subvolcanic bodies; contribution for the evaluation of the geological hazard; examples of study.
<b>Orario di ricevimento</b> Per appuntamento	<b>Office hours</b> By appointment

<b>GEOLOGIA DEL VULCANICO</b>	<b>GEOLOGIA DEL VULCANICO</b>
<b>I anno, II semestre</b>	<b>I year, II semester</b>
<b>CFU 6</b>	<b>ECTS 6</b>
<b>Docente</b> <b>Dott. Gianluca Groppelli</b>	<b>Lecturer</b> <b>Dr. Gianluca Groppelli</b>
<b>Contenuti</b> Accenni di vulcanologia Geologia delle aree vulcaniche Campagna geologica in aree vulcaniche	<b>Contents</b> Summary of volcanology: Geology of volcanic areas Field work in volcanic areas
<b>Testi di riferimento</b> PDF delle presentazioni powerpoint articoli scientifici libro di introduzione alla vulcanologia, Karoly Nemeth and Ulrike Martin, Practical Volcanology	<b>References</b> PDF files from my powerpoints; scientific papers Karoly Nemeth and Ulrike Martin, Practical Volcanology
<b>Obiettivi</b> Obiettivo del corso è fornire agli studenti le conoscenze di base per affrontare un lavoro di geologia in aree vulcaniche	<b>Aims</b> The aim is to provide students with the basic knowledge to realize a field work in volcanic areas
<b>Prerequisiti</b> Conoscenze di rilevamento geologico, stratigrafia, geologia strutturale e petrografia	<b>Prerequisites</b> Previous knowledge of field survey, stratigraphy, structural geology and petrography
<b>Modalità didattica</b> lezioni frontali 28 ore 4 CFU didattica campua abroad 20 ore di e 6 giorni di campagna (generalmente sull'Etna)	<b>Teaching form</b> 28 hours of lessons and 6 days of field work (generally on Mt. Etna)

<b>GEOLOGIA DEL VULCANICO</b>	<b>GEOLOGIA DEL VULCANICO</b>
<b>Modalità di verifica</b> Esame orale che include anche quanto visto e realizzato durante la campagna	<b>Examination type</b> Oral exam that also includes what has been seen and done during field work
<b>Programma per esteso</b> 1) accenni di vulcanologia: i vulcani e i loro prodotti, sistematica delle eruzioni vulcaniche, tipi di depositi vulcanici, analisi delle forme, evoluzione dei vulcani; successioni vulcaniche e loro significato. 2) Geologia delle aree vulcaniche: metodologia di rilevamento e studio, stratigrafia, U.B.S.U. Descrizione regionale e analisi della genesi ed evoluzione del vulcanismo in differenti regimi geodinamici; la valutazione della pericolosità in ambiente vulcanico. 3) campagna geologica in aree vulcaniche con esercizi di rilevamento geologico e principali esempi di quanto discusso a lezione.	<b>Programme</b> 1) Summary of volcanology: volcanoes and their deposits, classification of volcanic eruptions, types of volcanic deposits, geomorphology in volcanic areas, evolution of volcanoes; volcanic successions and their meaning. 2) Geology of volcanic areas: field survey and different methods, stratigraphy, U.B.S.U., regional description and analysis of the genesis and evolution of volcanism in different geodynamic contexts; hazard assessment in a volcanic environment. 3) Field work in volcanic areas: geological survey exercises and main examples of what was discussed in class.
<b>Orario di ricevimento:</b> Normalmente il lunedì dalle 15,30 alle 16,30. Si prega di chiedere appuntamento e conferma via e-mail	<b>Office hours:</b> Usually on Monday, 15.30 to 16.30. Please ask for a confirmation by e-mail

<b>VALUTAZIONE DEI RISCHI GEOLOGICI</b>	<b>GEOLOGICAL RISK ANALYSIS</b>
<b>I anno, II semestre</b>	<b>I year, II semester</b>
<b>CFU 6</b>	<b>ECTS 6</b>
<b>Docente</b> <b>Prof. Paolo Frattini</b>	<b>Lecturer</b> <b>Prof. Paolo Frattini</b>
<b>Contenuti</b> Definizioni di pericolosità, vulnerabilità, rischio. Descrizione e valutazione del rischio idraulico, rischio sismico, rischio da frana e rischio da valanghe. Cenni sul rischio costiero e rischio vulcanico.	<b>Contents</b> Definition of hazard, vulnerability and risk. Description and assessment of flood risk, seismic risk, landslide risk and snow avalanche risk. Introduction on coastal risks and volcanic risk.
<b>Testi di riferimento</b> Appunti e presentazioni power point fornite dal docente. Letteratura scientifica. Linee guida nazionali ed internazionali sulla valutazione del rischio	<b>References</b> Course notes and power-point slides provided by the teacher. Scientific papers. National and international guidelines on risk assessment.
<b>Obiettivi formativi</b> Il corso ha lo scopo di fornire allo studente i principi di base e le principali metodologie per l'analisi, la valutazione e la mitigazione dei rischi geologici.	<b>Aims</b> The course aim at providing concepts and methodologies for the analysis, the evaluation and the mitigation of geological risks.
<b>Modalità didattica</b> - Lezione frontale 42 ore 6 CFU	<b>Teaching form</b> - Lessons 42 hours
<b>Modalità di verifica</b> orale	<b>Examination type</b> oral
<b>Programma per esteso</b> Definizione di rischio, valutazione del rischio e gestione del rischio. Descrittori del rischio individuale, sociale ed economico, Curve FN. Accettabilità del rischio. Rischio idraulico: processi idrologici che contribuiscono all'idrogramma di piena, analisi delle condizioni	<b>Programme</b> Risk definition, risk assessment, risk management. Descriptors of Individual Risk and Societal risk. FN curves. Risk acceptability. Flood risk: hydrological processes contribution to flood hydrograph, geological and environmental factors

<b>VALUTAZIONE DEI RISCHI GEOLOGICI</b>	<b>GEOLOGICAL RISK ANALYSIS</b>
<p>geologiche e ambientali che controllano tali processi, cenni di idraulica fluviale, tipi di alluvioni e condizioni di pericolosità. Determinazione della relazione portata - tempo di ritorno, modellazione del flusso e perimetrazione e delle aree inondabili. Curve di vulnerabilità. Tecniche di mitigazione e monitoraggio. Rischio da frana: richiamo di conoscenze di geologia applicata per fattori che controllano l'instabilità, tipologie di frana e condizioni di pericolosità. Valutazione del tempo di ritorno e relazione magnitudo-frequenza, valutazione della suscettibilità, modellazione della propagazione. Vulnerabilità. Tecniche di mitigazione e monitoraggio. Rischio sismico: descrittori di pericolosità sismica e spettro di risposta elastico. Analisi della pericolosità sismica regionale con tecniche probabilistiche (PSHA) per la valutazione della curva di Hazard. Effetti di sito e fenomeni co-sismici. Valutazione della pericolosità locale. Cenni alla normativa tecnica delle costruzioni 2008 e valutazione dell'azione sismica. Curve di fragilità. Tecniche di mitigazione e monitoraggio. Rischio valanga: cenni di nivologia delle valanghe, processi di distacco, trasporto e accumulo e classificazione delle valanghe. Valutazione del tempo di ritorno e della relazione intensità - frequenza. Studio delle Linee Guida AINEVA per la perimetrazione delle aree a rischio valanghivo in ambiente alpino. Tecniche di mitigazione e monitoraggio. Introduzione ad altri rischi geologici: erosione del suolo e delle coste, attività vulcanica, tsunami, alluvioni costiere. Cenni alla normativa nazionale e regionale per la perimetrazione delle aree a rischio a fini di pianificazione.</p>	<p>influencing the hydrograph, basics of fluvial hydraulics. Analysis of Frequency Discharge relationships, flow modelling and flood risk zonation. Vulnerability curves. Monitoring and mitigation techniques. Landslide risk: basics of slope stability and factors influencing slope stability. Analysis of return period and magnitude frequency analysis. Susceptibility analysis. Runout modelling. Vulnerability curves. Monitoring and mitigation techniques. Seismic risk: descriptors of seismic hazard and elastic response spectrum. Regional seismic analysis with probabilistic approach (PSHA). Hazard curve. Site effects and co-seismic effects. Basics of technical design codes and characterization of seismic action. Fragility curves. Monitoring and mitigation techniques. Snow avalanche risk: basics of snow science. Processes of onset, transport and accumulation of snow avalanches. Analysis of return time and magnitude intensity relationship. Analysis of AINEVA Guidelines for snow avalanche hazard zonation. Monitoring and mitigation techniques. Introduction to other risks: soil erosion, coast erosion, volcanic activity, tsunamis, coast floods.</p>
<p><b>Orario di ricevimento</b> Dal lunedì al venerdì, 14 pm - 16 pm</p>	<p><b>Office hours</b> From monday to friday, 14 pm - 16 pm</p>

<b>STABILITA' DEI VERSANTI</b>	<b>SLOPE STABILITY</b>
<b>I anno, II semestre</b>	<b>I year, II semester</b>
<b>CFU 6</b>	<b>ECTS 6</b>
<b>Docente</b> <b>Prof. Federico Agliardi</b>	<b>Lecturer</b> <b>Prof. Federico Agliardi</b>
<b>Contenuti</b> Teoria e tecniche di base ed avanzate per il riconoscimento, la caratterizzazione e la modellazione dei fenomeni di instabilità dei versanti in terre e rocce.	<b>Contents</b> Theory and techniques for the recognition, characterisation and modelling of slope instability processes in soils and rocks.
<b>Testi di riferimento</b> Dispense e materiale bibliografico forniti dal docente	<b>References</b> Teacher's lecture notes and supplementary material
<b>Obiettivi formativi</b> Conoscenza approfondita dei processi e meccanismi di instabilità dei versanti naturali ed artificiali; capacità di riconoscere e caratterizzare diverse tipologie di instabilità; capacità di utilizzare operativamente i principali metodi e strumenti per l'analisi di stabilità.	<b>Aims</b> Advanced knowledge of processes and mechanisms of natural and engineered slope instability; ability to recognize and characterize different types of slope instabilities; ability to use stability analysis methods and tools to solve practical problems.
<b>Prerequisiti</b> Basi di Geologia e idrogeologia, geologia applicata	<b>Prerequisites</b> General geology, hydrogeology, engineering geology

STABILITA' DEI VERSANTI	SLOPE STABILITY
<b>Modalità didattica</b> Lezione frontale, 28 ore (4 CFU) Attività di laboratorio, 12 ore (1CFU) Attività di campo, 10 ore (1 CFU)	<b>Teaching form</b> Lectures, 28 hours (4 CFU) Lab work, 12 hours (1 CFU) Field work, 10 hours (1 CFU)
<b>Modalità di verifica</b> Orale sulla teoria e discussione di un progetto.	<b>Examination type</b> Oral examination and discussion of a project assignment
<b>Programma per esteso</b> Teoria: 1) Sistema versante nel contesto geologico, topografico e idrologico; terminologia, classificazione, cause e fattori di controllo delle frane; rischio da frana. 2) Processi di instabilità dei versanti: richiami alle caratteristiche fisico-meccaniche e costitutive dei terreni e degli ammassi rocciosi; distribuzione e percorsi degli sforzi in un versante; ruolo dell'acqua nell'instabilità dei versanti; concetto di Fattore di Sicurezza; analisi in sforzi totali ed efficaci; rammollimento e rottura progressiva; prima rottura vs. riattivazione. 3) Indagini per aree in frana: fotointerpretazione e rilevamento, monitoraggio, indagini in sito (topografiche, geognostiche, geofisiche). 4) Metodi per l'analisi di stabilità: metodi dell'Equilibrio Limite (LEM) per meccanismi di rottura sub-circolari: Taylor, Fellenius, GLE, Spencer, Bishop semplificato, Janbu semplificato; metodi per meccanismi di rottura "structurally-controlled (scivolamento planare e di cunei, ribaltamento): metodi di analisi cinematica e LEM; analisi probabilistica e di affidabilità; metodi numerici. 5) Frane: grandi frane profonde in roccia: caratteri morfostutturali, controlli litologici e strutturali, meccanismi di innesco ed evoluzione temporale; crolli in roccia: processi, caratterizzazione e modellazione di innesco e propagazione, pericolosità e rischio; frane superficiali indotte dalle precipitazioni: caratterizzazione, aspetti idrologici e meccanici, analisi di stabilità, previsione a scala regionale; flussi e colate detritiche: reologia delle miscele di sedimenti, processi di innesco e propagazione, evidenze di terreno e modellazione dinamica. 6) Tecniche di monitoraggio: finalità e applicazioni; tecniche terrestri e remote per la misura degli spostamenti superficiali; tecniche di misura delle deformazioni in profondità; misura delle variabili idro-meteorologiche e delle pressioni neutre; architettura di una rete di monitoraggio. 7) Mitigazione del rischio da frana: approcci attivi e passivi; tecniche di stabilizzazione dei versanti; opere di protezione attiva e passiva; Early Warning. Attività di laboratorio: 1) Mappatura di diverse tipologie di frane e delle loro relazioni con ambiente geologico ed elementi a rischio da foto aeree, ortofoto e HRDEM. 2) Ricostruzione del modello geologico di una frana da dati di rilevamento, indagini in sito e monitoraggio. Soluzione pratica al computer di problemi di stabilità in terre e ammassi rocciosi tramite metodi di: a) analisi di stabilità cinematica di blocchi e cunei rocciosi; b) analisi all'equilibrio limite (LEM, deterministica e probabilistica) per versanti in terre e ammassi rocciosi, considerando gli effetti di acqua, sollecitazioni dinamiche, azioni esterne e intervento di stabilizzazione; 3) analisi numerica agli	<b>Contents (extended)</b> Lectures: 1) Slope system and its geological, topographic and hydrological setting; landslide terminology, classification, controls and triggers; landslide risk. 2) Slope instability processes: physic-mechanical and constitutive features of soils and rocks relevant to slope stability; stress distributions and paths in a slope; role of water in slope instability; concept of Safety Factor; total stress and effective stress analyses; short- vs. long-term in slope stability; weakening, softening, and progressive failure; first-time rupture vs. reactivation. 3) Landslide investigations: photo-interpretation and field mapping, monitoring, site investigations (topographic, borehole, geophysical). 4) Methods of stability analysis: Limit Equilibrium (LEM) methods for circular failures: Taylor, Fellenius, GLE, Spencer, Bishop Simplified, Janbu simplified); methods for "structurally-controlled" failure mechanisms (planar and wedge failure, topplings): kinematic analysis and LEM methods; probabilistic and reliability analyses; numerical methods. 5) Landslides: large rock slope instabilities: morphostructural features, lithological and structural controls, triggering processes and long-term evolution; rockfalls: processes, characterization and modelling of onset and propagation, susceptibility and risk assessment; rainfall-induced shallow landslides: characterization, hydrological and mechanical aspects, stability analysis, regional-scale prediction; flow landslides and debris flows: rheology of water-sediment mixtures, onset and propagation processes, field evidence and dynamic modelling. 6) Monitoring: aims and applications; ground-based and remote surface displacements monitoring techniques; underground deformation monitoring; monitoring of hydro-meteorological variables and pore pressures; monitoring network architecture. 7) Landslide risk mitigation: active vs. passive approaches; slope stabilization techniques; active and passive structural protection; non-structural protection and Early Warning. Lab work: 1) landslide mapping from aerial photos, ortho-photos and HRDEM, characterization of geological controls and interactions with elements at risk 2) Reconstruction of a landslide geological model from field, site investigation and monitoring data. Application of software tools to the practical solution of slope stability problems in soils and rock masses using: a) kinematic stability analysis methods for structurally controlled block failure modes; b) limit equilibrium analysis methods (LEM, deterministic e probabilistic) for soil and rock slopes, including the effects of water, dynamic loading, external actions and stabilization works; c) numerical finite-element

<b>STABILITA' DEI VERSANTI</b>	<b>SLOPE STABILITY</b>
<p>elementi finiti (SSR-FEM). Attività di campo: Field trip nelle Alpi Centrali: riconoscimento e mappatura delle caratteristiche tipiche di diversi tipi di frane, visita a importanti siti di frane storiche o attive.</p>	<p>methods (SSR-FEM). Field work: Field trip in the Central Alps: recognition and mapping of typical features related to different landslide types, visit to important historical or active landslide sites.</p>
<p><b>Orario di ricevimento</b> Su appuntamento</p>	<p><b>Office hours</b> On appointment</p>

<b>PETROGENESI DEGLI AMBIENTI GEODINAMICI</b>	<b>PETROGENESIS AND GEOYNAMIC SETTING</b>
<b>I anno, II semestre</b>	<b>I year, II semester</b>
<b>CFU 8</b>	<b>ECTS 8</b>
<p><b>Docente</b> <b>Prof.ssa Maria Luce Frezzotti</b> <b>Dott.ssa Nadia Malaspina</b></p>	<p><b>Lecturer</b> <b>Prof.ssa Maria Luce Frezzotti</b> <b>Dott.ssa Nadia Malaspina</b></p>
<p><b>Contenuti</b> Approfondimento dei principali processi metamorfici che interessano la litosfera oceanica e continentale in contesti geodinamici fossili. Evoluzione dei sistemi ofiolitici e rocce di alta pressione esposte nella catena Alpina Occidentale, metamorfismo nelle zone di subduzione e ruolo delle fasi fluide nei processi di rifertilizzazione e fusione parziale del mantello sopra-subduzione. Analisi dei processi di cristallizzazione/fusione delle rocce ignee, con enfasi sulle relazioni di fase e sulla evoluzione geochimica dei magmi come traccianti geodinamici. Genesi ed evoluzione del magmatismo orogenico ed anorogenico. L'esempio fondamentale è rappresentato dal magmatismo recente Italiano, analizzato nel quadro dei recenti modelli geodinamici.</p>	<p><b>Contents</b> Analysis of the main metamorphic processes in the oceanic and continental lithosphere in fossil geodynamic settings. Evolution of ophiolite systems and high pressure rocks exposed in the Western Alpine belt, metamorphism of subduction zones and role of the fluid phases in the refertilisation and partial melting of the mantle wedge. The study of igneous rocks based on the analysis of melting/crystallization processes, with emphasis on phase relations and geochemical evolution (including major, trace element and isotopic features), as geodynamical tracers. Evolution of orogenic and anorogenic magma series. The core example of case studies will be the recent magmatism of the Italian region, in the framework of recent geodynamical models.</p>
<p><b>Testi di riferimento</b> Slides delle lezioni disponibili sulla pagina e-learning dell'insegnamento E' consigliata la consultazione del seguente materiale per approfondimenti e integrazioni: - Bucher and Grapes (2011) - Petrogenesis of metamorphic rocks 8th ed. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. - Philpotts and Ague (2009) Principles of igneous and metamorphic petrology. Cambridge University press, Cambridge, UK. - Peccerillo A. (2005) - Pliocene and Quarternary Volcanism in Italy. Springer, Berlin. ISBN-13: 9783540258858.</p>	<p><b>References</b> Lecture notes available on e-learning page The following books are suggested for supporting material: - Bucher and Grapes (2011) - Petrogenesis of metamorphic rocks 8th ed. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. - Philpotts and Ague (2009) Principles of igneous and metamorphic petrology. Cambridge University press, Cambridge, UK. - Peccerillo A. (2005) - Pliocene and Quarternary Volcanism in Italy. Springer, Berlin. ISBN-13: 9783540258858</p>
<p><b>Obiettivi formativi</b> Il corso intende fornire conoscenze avanzate sui processi petrologici ignei e metamorfici che caratterizzano l'evoluzione chimica e tettonica della litosfera nei principali ambienti geodinamici, con particolare riferimento ai margini attivi e alle catene orogeniche. Le lezioni tratteranno: - lo studio dei diagrammi di fase ed equilibri di fase in sistemi chimici rappresentativi delle litologie presenti in zone di basamento metamorfico, crosta oceanica e mantello litosferico, utilizzando esempi naturali provenienti dalla catena Alpina. - il ruolo delle fasi fluide nello sviluppo di reazioni metamorfiche, e come mezzi di trasferimento di elementi dalla placca in subduzione verso il mantello sopra-subduzione, con conseguente processi di metasomatismo e rifertilizzazione del mantello e produzione di magmatismo. - la modellizzazione geochimica e lo studio degli equilibri di fase per la costruzione di modelli quantitativi sulla petrogenesi</p>	<p><b>Aims</b> The course aims to provide advanced knowledge on the igneous and metamorphic petrologic processes characterising the chemical and tectonic evolution of the lithosphere in the main geodynamic settings, with particular regards to the active margins and orogenic belts. The lessons will cover: - the study of phase diagrams and phase equilibria in chemical systems representing the lithologies occurring in metamorphic basements, oceanic crust and lithospheric mantle, profiting from natural examples occurring in the Alpine belt. - the role of fluid phases in metamorphic reactions and as carriers of elements from the subducting plate to the overlying mantle wedge, with subsequent refertilisation and metasomatism of the mantle which triggers magmatism. - geochemical modelling, and phase equilibria to place quantitative constraints on magma petrogenesis and</p>



PETROGENESI DEGLI AMBIENTI GEODINAMICI	PETROGENESIS AND GEOYNAMIC SETTING
<p>magmatica in diversi contesti geodinamici, con particolare riferimento al magmatismo recente Italiano.</p> <p>Obiettivo del corso è fornire agli studenti un approccio multidisciplinare, volto ad integrare le informazioni derivanti dalla petrologia ignea e metamorfica con studi di terreno geodinamici e strutturali.</p>	<p>geodynamics, with emphasis on the recent volcanism of Italy. Main goal is to provide students a multidisciplinary approach in the study of the field of various geodynamic settings through the knowledge acquired from igneous and metamorphic petrology.</p>
<p><b>Prerequisiti</b></p> <p>Conoscenze di base di petrografia, geodinamica e geologia strutturale. Conoscenze di base di geochimica e dei principi fondamentali di termodinamica.</p>	<p><b>Prerequisites</b></p> <p>Fundamentals of petrography, geodynamics and structural geology. Basic knowledge of geochemistry and fundamental principles of thermodynamics.</p>
<p><b>Modalità didattica</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Lezione frontale (7 CFU) 49 ore</li> <li>- Attività di campo (1 CFU) 10 ore</li> </ul>	<p><b>Teaching form</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Lessons (7 credits)</li> <li>- Fieldwork (1 credits)</li> </ul>
<p><b>Modalità di verifica</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Esame orale</li> </ul>	<p><b>Examination type</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Oral examination</li> </ul>
<p><b>Programma per esteso</b></p> <p>Dorsali oceaniche attuali e fossili. Evoluzione pre-oceanica del mantello e relazioni di fase in sistemi peridotitici. Geochimica degli elementi maggiori e in traccia delle peridotiti e dei loro costituenti mineralogici durante la loro evoluzione in subsolidus. Processi di serpentinizzazione di un mantello oceanico e alterazione della crosta.</p> <p>Evoluzione della litosfera dallo stadio oceanico a quello di alta pressione. Diagrammi di fase del sistema ultramafico idrato, reazioni di deserpentinizzazione e cenni di petrologia sperimentale. Destabilizzazione dell'antigorite ed evoluzione composizionale dei fluidi metamorfici durante la disidratazione del mantello oceanico in subduzione.</p> <p>Stabilità delle fasi idrate ad alta pressione in sistemi mafici e processi di devolatilizzazione durante la subduzione di crosta oceanica. Stabilità delle fasi idrate ad alta pressione in sistemi pelitici e processi di devolatilizzazione durante la subduzione di metasedimenti e crosta continentale. Costruzione di percorsi metamorfici P-T-t. Modelli termici, di viscosità e stabilità delle fasi durante la subduzione di litosfera oceanica nei tre sistemi chimici affrontati.</p> <p>Caratterizzazione geochimica dei fluidi rilasciati nel mantello e partizionamento degli elementi. Natura dell'interfaccia slab-mantello e interazione fasi fluide-peridotiti. Meccanismi di trasporto dei fluidi (l.s.) nel mantle wedge.</p> <p>Introduzione allo studio delle rocce ignee: Composizione dei magmi, processi di differenziazione, assimilazione; Magma Mixing/ibridizzazione, Fusione parziale.</p> <p>Modellizzazione petrogenetica: Diagrammi di fase ternari con fusione congruente ed incongruente e proiezioni del sistema Ne-Fo-Di-Si (Yoder e Tilley).</p> <p>Processi di metasomatismo e di fusione parziale del mantello: Metasomatismo modale, criptico e processi di rifertilizzazione. Caratteristiche geochimiche e origine degli agenti metasomatici.</p> <p>Geochimica e Geodinamica: Comportamento degli elementi in traccia nei processi di fusione e cristallizzazione. Spider diagrammi. Sistematica degli isotopi radiogenici e stabili; HIMU, EMI, EMII, FOZO reservoirs di mantello e relazioni con PM. Elementi in tracce e isotopi come traccianti geodinamici.</p> <p>Il magmatismo recente italiano. Inquadramento geodinamico dell'area del Mediterraneo occidentale dal Miocene all'attuale. Il magmatismo orogenico ed</p>	<p><b>Programme</b></p> <p>Present and fossil oceanic ridges. Pre-oceanic evolution of the mantle and phase relations in peridotite systems. Major and trace elements geochemistry of peridotites and of their minerals during their subsolidus evolution. Serpentinisation processes of oceanic mantle and alteration of the crust.</p> <p>Evolution of the lithosphere from the oceanic stage to subduction high pressure conditions. Phase diagrams of hydrous ultramafic system, deserpentinisation reactions and introduction to experimental petrology. Breakdown of antigorite and compositional evolution of metamorphic fluids during the dehydration of subducting oceanic mantle.</p> <p>Stability of hydrous phases at high pressures in mafic systems and devolatilisation processes during the oceanic crust subduction. Stability of hydrous phases in pelitic systems and devolatilisation processes during the subduction of metasediments and continental crust. Construction of P-T-t metamorphic paths. Thermal models of P-T-t paths in subduction zones. Thermal, viscous models and phase stability during oceanic lithosphere subduction in the three approached chemical systems.</p> <p>Geochemical characterisation of fluids released in the mantle and element partitioning. Nature of the slab-mantle interface and fluid phases – peridotite interaction. Mechanisms of transport of fluids (l.s.) in the mantle wedge.</p> <p>Magmatic Introduction: rock composition, Crystal Fractionation, Assimilation/Contamination, Magma Mixing/Hybridization, Partial Melting.</p> <p>Petrogenetic modelling: Ternary Phase Diagrams Congruent and Incongruent melting and sub-projections of quaternary Ne-Fo-Di-Si (Yoder and Tilley).</p> <p>Mantle metasomatism and melting: Modal, Cryptic, and Stealth Metasomatism. Nature of metasomatic agents.</p> <p>Chemical geodynamics: Trace Element partitioning behavior during melting and crystallization. Spider diagrams.</p> <p>Isotope Systematics; DM, HIMU, EMI, EMII isotopic mantle reservoirs and their relationships with PM. Trace element and isotope modeling and geodynamics.</p> <p>Young Italian Magmatism: Geodynamics of the western Mediterranean Region from Miocene to present. Orogenic and anorogenic magmatism of Central-Southern Italy. Mantle processes, magmatims and</p>

<b>PETROGENESI DEGLI AMBIENTI GEODINAMICI</b>	<b>PETROGENESIS AND GEOYNAMIC SETTING</b>
anorogoneno del'Italia centro-meridionale. Evoluzione del mantello, genesi del magmatismo e geodinamica. Ingassing e outgassing di carbonio Terrestre in Italia.	geodynamics. Earth carbon ingassing and degassing processes in Italy.
<b>Orario di ricevimento</b> Lunedì ore 14-18	<b>Office hours</b> Monday 2pm 6pm

<b>PETROGRAFIA DEL SEDIMENTARIO</b>	<b>SEDIMENTARY PETROGRAPHY</b>
<b>I anno, I semestre</b>	<b>I year, II semester</b>
<b>CFU 6</b>	<b>ECTS 6</b>
<b>Docente</b> <b>Prof. Sergio Andò</b>	<b>Lecturer</b> <b>Prof. Sergio Andò</b>
<b>Contenuti</b> Introduzione alla Petrografia del Sedimentario; Tecniche di campionamento sul terreno; Laboratorio per la separazione di minerali pesanti; Petrografia di depositi silico-clastici; Studi sui minerali pesanti; Processi fisici; Processi chimici; Come contare negli studi di provenienza ed elaborazione dei dati; Geocronologia del detritico; Applicazioni alla geologia del petrolio	<b>Contents</b> Introduction to Sedimentary Petrography; Sampling in the field Laboratory for heavy mineral separation; Petrography of siliciclastic detritus; Heavy-mineral studies; Physical processes; Chemical processes; How to count in provenance studies and data processing; Geochronology of detritus; Applications to Petroleum Geology.
<b>Testi di riferimento</b> Pdf delle lezioni frontali ed articoli che trattano diversi argomenti, saranno caricati in e-learning ogni settimana. Per ogni studente sarà messa a disposizione una serie di standard di singoli minerali per imparare a identificare i minerali pesanti mediante microscopio polarizzatore e spettroscopia Raman.	<b>References</b> Pdf of the frontal lessons and references dealing on different topics will be uploaded in e-learning every week. Standard grain mount of single minerals will be available for each student to learn how to identify heavy minerals by polarizing microscope and Raman spectroscopy.
<b>Obiettivi formativi</b> Questo corso in Petrografia del Sedimentario è dedicato ai nostri studenti di MSc e PhD, interessati all'identificazione di minerali pesanti e agli studi di provenienza di sedimenti e delle rocce sedimentarie, condotte con metodi ottici classici e supportate da metodi innovativi, come la spettroscopia Raman. Gli studenti saranno istruiti su come affrontare e risolvere i problemi relativi all'identificazione dei minerali detritici. Dopo un'analisi dettagliata della maggior parte dei gruppi di minerali pesanti e frammenti di roccia, illustreremo una vasta gamma di esempi tratti da casi reali, in diversi contesti geologici ed aree geografiche del mondo. Il corso mira a migliorare la capacità dello studente di estrapolare informazioni dai sedimenti e raccogliere dati quantitativi mineralogici accurati. Spiegheremo anche come affrontare i problemi legati alla selezione idraulica, all'alterazione meteorica e alla diagenesi. Infine, illustreremo come la spettroscopia Raman ci consenta di identificare correttamente qualsiasi minerale nei vetrini o nelle sezioni sottili. Utilizzando questa tecnica innovativa, possiamo anche valutare la variabilità chimica all'interno di ciascun gruppo di minerali pesanti e confrontare le loro impronte geochemiche con diverse rocce di origine. Verrà spiegato come applicare la petrografia del sedimentario per i futuri studi "Source to Sink" e per studiare il sistema di trasferimento dei sedimenti con un approccio integrato multidisciplinare, per la prospezione applicata all'industria petrolifera.	<b>Aims</b> This course in Sedimentary Petrography is dedicated to our MSc and PhD Students, worldwide interested in heavy mineral identification and provenance studies of sediments and sedimentary rocks carried out with classical optical methods and supported by innovative methods as Raman spectroscopy. Students will be showed how longstanding problems concerning appropriate identification of detrital minerals can be solved. After detailed analysis of most groups of heavy minerals, and rock fragments we will illustrate a wide range of examples from real case histories from different geological settings in different areas of the world. The course aims at improving student's capability to extract information from detrital sediments and to collect accurate quantitative mineralogical data. We will also explain how to tackle problems related to hydraulic sorting, chemical weathering and diagenesis. Finally, we will illustrate how Raman spectroscopy allows us to correctly identify any mineral in grain mounts or in thin sections. By using this innovative technique we can also assess chemical variability within each heavy-mineral group and compare their diagnostic chemical signatures with different source rocks. We will show you how to apply sedimentary petrography for future Source to Sink studies and to investigate sediment routing system with a multidisciplinary integrated approach for reservoir prediction in petroleum industry.



PETROGRAFIA DEL SEDIMENTARIO	SEDIMENTARY PETROGRAPHY
<p><b>Prerequisiti</b>            È necessaria una buona conoscenza della mineralogia e della petrografia. Un corso complementare sull'analisi dei bacini al fine di una migliore comprensione della geologia delle placche tettoniche e della geologia regionale, è importante. Un vero interesse per le tecniche di apprendimento del lo studio della mineralogia dei sedimenti per il laboratorio di sedimentologia e petrografia del sedimentario è fortemente raccomandato. Gli studenti interessati alla geologia del petrolio sono fortemente incoraggiati a seguire questo corso.</p>	<p><b>Prerequisites</b>            A good knowledge of mineralogy and petrography is necessary. A complementary course in Basin analysis for a better understanding of plate tectonic and regional geology is also important. A real interest in learning techniques for the study of the mineralogy of sediments in the laboratory of sedimentology and sedimentary petrography is strongly recommended. Students interested in petroleum geology are strongly encouraged to follow this course</p>
<p><b>Modalità didattica</b>            Nelle lezioni frontali verrà spiegata la teoria che sta alla base di una serie di casi reali di studio dei sedimenti. Alcune lezioni verranno tenute da esperti di settore che lavorano nel mondo dell'esplorazione petrolifera. Verranno svolte lezioni in laboratorio, con esercitazioni pratiche. Verrà mostrato l'utilizzo del microscopio polarizzatore e dello spettrometro Raman per una corretta identificazione dei singoli minerali.</p> <p>Lezioni 42 ore 6 CFU</p>	<p><b>Teaching form</b>            Frontal lesson explaining the theory behind a list of case history will be explained. Seminar lessons from people working in the industry for petroleum exploration will be part of the course. Lessons in the laboratory with practical exercises will be performed and the use of polarizing microscope and Raman spectrometer for a proper identification of single minerals will be part of the course.</p>
<p><b>Modalità di verifica</b>            L'esame finale sarà suddiviso in una parte pratica per il riconoscimento al microscopio polarizzatore di minerali pesanti in vetrini standard, ed un esame orale sugli argomenti dell'intero corso.</p>	<p><b>Examination type</b>            The final exam will be divided in a practical exercise to check the knowledge of Attendees with the polarizing microscope on standard slide of heavy minerals, together with an oral exam dealing on the arguments of the entire course.</p>
<p><b>Programma per esteso:</b>            Introduzione: petrografia del sedimentario. Tettonica e sedimentazione. Connessione tra gli ambienti geologici, la geologia delle rocce di origine e la mineralogia dei sedimenti. Sedimenti di primo ciclo e policiclici. Campionamento sul terreno: strategie per la raccolta di sedimenti per studi di provenienza. Laboratorio: criteri di campionamento, preparazione e separazione di minerali da sedimenti e rocce sedimentarie nel laboratorio di studi di provenienza e per la geocronologia. HM in laboratorio: separazione HM nella frazione di sabbia e silt. Come identificare HM nei vetrini. Microscopio polarizzatore e Spettroscopia Raman. La scelta del metodo di conteggio. Case histories. Petrografia di sedimenti silico-clastici: componenti principali. Tessiture. Classificazione delle arenarie. Classificazione dei frammenti di roccia. Minerali accessori. Modelli di provenienza. Studi sui minerali pesanti: panoramica storica. HM negli studi di provenienza. Rocce sorgenti di differenti HM. HM e tettonica delle placche. Processi fisici: abrasione meccanica. Selezione dei minerali per dimensione e densità. Trascinamento selettivo. Selezione idraulica e formazione di placer. Cambiamenti mineralogici e strutturali durante il trasporto su lunga distanza. Implicazioni economiche per l'esplorazione di elementi strategici. Processi chimici: alterazione e dissoluzione nei suoli. Diagenesi e dissoluzione per seppellimento. Implicazioni per l'analisi dell'origine delle rocce clastiche. Traccianti geochimici e isotopici negli studi di provenienza. Analisi delle diverse granulometrie: argilla, silt e sabbia. Analisi geochimiche e isotopiche del sedimento totale verso un approccio per singolo minerale. Indici di alterazione Come risolvere il problema del riciclo. Case history e applicazioni. Come contare negli studi di provenienza e elaborare i dati: metodi a</p>	<p><b>Programme:</b>            Introduction: Sedimentary Petrography. Tectonic and sedimentation. Connection between the geological settings and the geology of source rocks and mineralogy of sediments. First cycle and polycyclic sediments. Sampling in the field: strategies for collecting sediments in the field for provenance studies. Laboratory: sampling criteria, preparation and separation of sediments and sedimentary rocks in the laboratory of provenance studies and geochronology. HM in the laboratory: HM separation in sand and silt fraction. How to identify HM in grain mounts. Polarizing microscope. Raman Spectroscopy. The choice of the counting method. Case histories. Petrography of siliciclastic detritus: principal components. Textures. Classification of sandstones. Classification of rock fragments. Accessories minerals. Models of provenance. Heavy-mineral studies: historical overview. HM in provenance studies. Source rocks of different HM. HM and Plate tectonic. Physical processes: Mechanical abrasion. Selection of the minerals to size and density. Selective entrainment. Hydraulic sorting and placer formation. Mineralogical and textural changes during the long-distance transport. Economic implications for strategical elements exploration. Chemical processes: Alteration and dissolution in soils. Diagenesis and intrastratal dissolution. Implications for the analysis of origin of clastic rocks. Geochemical and isotopic tracers in provenance studies. Analysis of different grain size: clay, silt and sand. Geochemical and isotopic analyses of sediment in bulk rock versus single mineral approach. Indices of weathering. How to solve the problem of recycling. Case histories and applications. How to count in provenance studies and data processing: Single grain versus bulk methods. The</p>

<b>PETROGRAFIA DEL SEDIMENTARIO</b>	<b>SEDIMENTARY PETROGRAPHY</b>
granulo singolo verso metodi "bulk". La scelta del metodo di conteggio. "Big data" negli studi di provenienza. Bi-plot. Diagrammi Ternari. Miragem. Raman counting. Geocronologia del detritico: tracce di fissione su apatite e zircone. U-Pb, datazione dello zircone. Case history e applicazioni. Applicazioni alla geologia del petrolio: case histories di interesse per l'esplorazione petrolifera (con contributi di ricercatori con competenze specifiche nel campo dell'esplorazione petrolifera o direttamente impegnati nell'industria petrolifera).	choice of the counting method. Big data in provenance studies. Bi-plot. Ternary Plot. MIRAGEM. Raman counting. Geochronology of detritus: Fission track of apatite and zircon. U-Pb dating of zircon. Case histories and applications. Applications to Petroleum Geology: case histories of interest for oil exploration (with contributions by researchers with specific expertise in the field of oil exploration or directly engaged in oil industry).
<b>Orario di ricevimento</b> Ogni lezione sarò a disposizione degli studenti per eventuali ulteriori domande e per appuntamento previo richiesta scritta via e-mail.	<b>Office hours</b> Every lesson I will be at disposal of students for further questions and also on demand only by an e-mail request

## 2° ANNO

<b>GEOCRONOLOGIA E ARCHEOMETRIA</b>	<b>GEOCRONOLOGY AND ARCHEOMETRY</b>
<b>II anno, II semestre</b>	<b>II year, II semester</b>
<b>CFU 6</b>	<b>ECTS 6</b>
<b>Docente</b> <b>Prof. Igor M. Villa</b>	<b>Lecturer</b> <b>Prof. Igor M. Villa</b>
<b>Contenuti</b> Il corso tratterà dei principali metodi di datazione di interesse per la ricerca geologica e archeologica. Geocronologia isotopica: il decadimento radioattivo. L'equazione dell'età. Metodi Rb-Sr, Sm-Nd, U-Pb, K-Ar e <sup>39</sup> Ar- <sup>40</sup> Ar. Errori statistici e sistematici. Principi di spettrometria di massa: TIMS, SIMS, PIMMS. Geochemica isotopica di Sr, Nd, Pb. Applicazioni della geochemica isotopica a studi di provenienza di sedimenti e di oggetti archeologici. Applicazioni della geochemica alla mitigazione del rischio vulcanico. Geocronologia del Quaternario: radiocarbonio, serie dell'uranio, tracce di fissione, termoluminescenza, dendrocronologia. Altri metodi di datazione non-isotopica diretti e indiretti. Datazione dell'evoluzione degli ominidi. Frazionamento degli isotopi stabili, termometria isotopica e proxies paleoclimatologici: deuterio, carbonio, ossigeno, elementi pesanti.	<b>Contents</b> The course will deal with the main dating methods relevant for geological and archeological research. Isotopic geochronology: radioactive decay. The age equation. Rb-Sr, Sm-Nd, U-Pb, K-Ar and <sup>39</sup> Ar- <sup>40</sup> Ar methods. Statistical and systematic errors. Principles of mass spectrometry: TIMS, SIMS, PIMMS. Isotope geochemistry of Sr, Nd, Pb. Applications of isotope geochemistry to studies on provenance of sediments and archeological objects. Applications of geochemistry to the mitigation of volcanic risk. Quaternary geochronology: radiocarbon, uranium series disequilibrium, fission tracks, thermoluminescence, dendrocronology. Other non-isotopic direct and indirect dating methods. Dating hominid evolution. Stable isotope fractionation, isotope thermometry and paleoclimatological proxies: deuterium, carbon, oxygen, heavy elements.
<b>Testi di riferimento</b> Dispense - G. Faure - Principles of Isotope Geology - Wiley; M. Walker - Quaternary Dating Methods - Wiley.	<b>References</b> G. Faure - Principles of Isotope Geology - Wiley; M. Walker - Quaternary Dating Methods - Wiley. Lecture notes
<b>Obiettivi formativi</b> Introdurre i concetti fondamentali della geocronologia e geochemica isotopica e le loro applicazioni alla ricerca geologica e archeologica.	<b>Aims</b> Introducing the basic concepts of geochronology and isotope geochemistry and their applications to geological and archeological research.
<b>Prerequisiti</b> Chimica, fisica, geochemica, geofisica (raccomandate).	<b>Prerequisites</b> Chemistry, physics, geochemistry, geophysics (suggested)
<b>Modalità didattica</b> Lezione frontale, 35 ore 5 CFU Laboratorio 12 ore 1 CFU	<b>Teaching form</b> Frontal lecture, 35 hours Practicals 12 hours

<b>GEOCRONOLOGIA E ARCHEOMETRIA</b>	<b>GEOCRONOLOGY AND ARCHEOMETRY</b>
<b>Modalità di verifica</b> - esame orale	<b>Examination type</b> - Oral examination
<b>Programma per esteso</b> Il corso tratterà dei principali metodi di datazione di interesse per la ricerca geologica e archeologica. Geocronologia isotopica: il decadimento radioattivo. L'equazione dell'età. Metodi Rb-Sr, Sm-Nd, U-Pb, K-Ar e <sup>39</sup> Ar- <sup>40</sup> Ar. Errori statistici e sistematici. Principi di spettrometria di massa: TIMS, SIMS, PIMMS. Geochemica isotopica di Sr, Nd, Pb. Applicazioni della geochemica isotopica a studi di provenienza di sedimenti e di oggetti archeologici. Applicazioni della geochemica alla mitigazione del rischio vulcanico. Geocronologia del Quaternario: radiocarbonio, serie dell'uranio, tracce di fissione, termoluminescenza, dendrocronologia. Altri metodi di datazione non-isotopica diretti e indiretti. Datazione dell'evoluzione degli ominidi. Frazionamento degli isotopi stabili, termometria isotopica e proxies paleoclimatologici: deuterio, carbonio, ossigeno, elementi pesanti.	<b>Programme</b> The course will deal with the main dating methods relevant for geological and archeological research. Isotopic geochronology: radioactive decay. The age equation. Rb-Sr, Sm-Nd, U-Pb, K-Ar and <sup>39</sup> Ar- <sup>40</sup> Ar methods. Statistical and systematic errors. Principles of mass spectrometry: TIMS, SIMS, PIMMS. Isotope geochemistry of Sr, Nd, Pb. Applications of isotope geochemistry to studies on provenance of sediments and archeological objects. Applications of geochemistry to the mitigation of volcanic risk. Quaternary geochronology: radiocarbon, uranium series disequilibrium, fission tracks, thermoluminescence, dendrochronology. Other non-isotopic direct and indirect dating methods. Dating hominid evolution. Stable isotope fractionation, isotope thermometry and paleoclimatological proxies: deuterium, carbon, oxygen, heavy elements.
<b>Orario di ricevimento</b> mercoledì 11-13	<b>Office hours</b> wednesdays 11-13

<b>GEORISORSE MINERARIE E LAPIDEI</b>	<b>EARTH RESOURCES: INDUSTRIAL MINERALS AND ROCKS</b>
<b>II anno, II semestre</b>	<b>II year, II semester</b>
<b>CFU 6</b>	<b>ECTS 6</b>
<b>Docente</b> <b>Dott. Alessandro Cavallo</b>	<b>Lecturer</b> <b>Dr. Alessandro Cavallo</b>
<b>Contenuti</b> 1) Concetti base in ambito giacimentologico: ore & industrial mineals, tenore, tonnello, Clarke, morfologia dei corpi minerali, tessiture ed ore dressing, principali giacimenti di origine magmatica, idrotermale, metamorfica, sedimentaria, residuale ed arricchimento supergenico. 2) Evoluzione della crosta terrestre e fenomeni metallogenici dell'Archeano: greenstone belts, komatiiti e giacimenti a Fe-Ni-Cu-PGE, Algoma-type BIF, graniti TTG, mineralizzazioni a Au-U. 3) Evoluzione della crosta terrestre e fenomeni metallogenici del Proterozoico: complessi basici stratificati (Es. Bushveld Complex), mineralizzazioni a Cr-V-PGE, carbonatiti, kimberliti, giacimenti SEDEX. 4) Evoluzione della crosta terrestre e fenomeni metallogenici del Fanerozoico: porphyry a Cu-Mo-Au-Sn, MVT (Mississippi Valley Type), VMS (Volcanogenic Massive Sulphide), placer, filoni mesotermali orogenici, lateriti, arricchimento supergenico. 5) Processi idrotermali: origine dei fluidi, sorgenti dei metalli, meccanismi di circolazione dei fluidi, leganti clorurati e solforati, meccanismi di deposizione, tecniche di studio (es. inclusioni fluide). 6) Metalli "critici": REE, PGE, Sb, Be, Co, Ga, Ge, In, Li, Mg, Nb, Re, Ta e W. Proprietà chimiche e fisiche, mineralogia, giacimenti minerali, applicazioni industriali, problematiche ambientali, sostituzioni.	<b>Contents:</b> 1) Basic concepts in the field of ore geology: ore & industrial minerals, tenor, tonnage, Clarke, morphology of mineral bodies, ore textures and processing, main magmatic, hydrothermal, metamorphic, sedimentary, residual and super-genic enrichment ore deposits. 2) Evolution of the Earth's crust and metallogenic phenomena of the Archean: greenstone belts, komatiites and massive sulphide Fe-Ni-Cu-PGE deposits, Algoma-type BIF, TTG granites, Au-U deposits. 3) Evolution of the Earth's crust and metallogenic phenomena of the Proterozoic: mafic-ultramafic layered intrusions (eg Bushveld Complex), Cr-V-PGE mineralizations, carbonatites, kimberlites, SEDEX deposits. 4) Evolution of the terrestrial crust and metallogenic phenomena of the Phanerozoic: Cu-Mo-Au-Sn porphyry, MVT (Mississippi Valley Type), VMS (Volcanogenic Massive Sulphide), placer, orogenic mesothermal lodes, laterites, supergenic enrichment. 5) Hydrothermal processes: origin of fluids, sources of metals, mechanisms of circulation of fluids, chloride-dominant and sulphide-dominant complexing, deposition mechanisms, study techniques (eg fluid inclusions). 6) "Critical" metals: REE, PGE, Sb, Be, Co, Ga, Ge, In, Li, Mg, Nb, Re, Ta and W. Chemical and physical

GEORISORSE MINERARIE E LAPIDEI	EARTH RESOURCES: INDUSTRIAL MINERALS AND ROCKS
<p>7) Rocce ornamentali e gestione virtuosa degli scarti dell'industria del lapideo.</p> <p>8) Amianto: mineralogia, giacimenti minerari, usi industriali, problematiche ambientali, patologie legate all'esposizione a fibre di amianto, tecniche analitiche per lo studio e la quantificazione in aria ed in materiali massivi (manufatti, suoli, terre e rocce da scavo), FAV (fibre artificiali vetrose).</p>	<p>properties, mineralogy, mineral deposits, industrial applications, environmental issues , substitutions.</p> <p>7) Ornamental rocks and virtuous management of waste products from the stone industry.</p> <p>8) Asbestos: mineralogy, mineral deposits, industrial uses, environmental problems, pathologies related to exposure to asbestos fibers, analytical techniques for the study and quantification in air and in massive materials (ACMs, soils, earth and rocks from excavation) , MMVF (man-made vitrous fibers).</p>
<p><b>Testi di riferimento</b></p> <p>Slide del corso (disponibili su e-learning), appunti e dispense distribuiti durante il corso. Testi consigliati dal docente.</p> <p>Gunn (2014) - Critical metals handbook. AGU Wiley, 439 pp.</p> <p>Pirajno (2009) - Hydrothermal processes and mineral systems. Springer, 1250 pp.</p> <p>Ridley (2013) - Ore deposit geology. Cambridge University Press, 398 pp.</p> <p>Robb (2005) - Introduction to ore forming processes. Blackwell Publishing, 373 pp.</p> <p>Primavori (1999) - Planet Stone. Giorgio Zusi editore, 336 pp.</p> <p>Christidis (2011) - Advances in the characterization of industrial minerals. EMU notes in Mineralogy, Vol. 9, The Mineralogical Society of Great Britain and Ireland, 485 pp.</p> <p>Gualtieri (2017) - Mineral fibres: crystal chemistry, chemical-physical properties, biological interaction and toxicity. EMU notes in Mineralogy, Vol. 18, The Mineralogical Society of Great Britain and Ireland, 536 pp.</p> <p>Kogel, Trivedi, Barker &amp; Krukowski (2006) - Industrial minerals and rocks. Commodities, markets and uses (VII edition). Society for Mining, Metallurgy and Exploration, Inc. (SME), 1548 pp.</p>	<p><b>References</b></p> <p>Course slides (available on e-learning), notes distributed during the course. Texts recommended by the teacher.</p> <p>Gunn (2014) - Critical metals handbook. AGU Wiley, 439 pp.</p> <p>Pirajno (2009) - Hydrothermal processes and mineral systems. Springer, 1250 pp.</p> <p>Ridley (2013) - Ore deposit geology. Cambridge University Press, 398 pp.</p> <p>Robb (2005) - Introduction to ore forming processes. Blackwell Publishing, 373 pp.</p> <p>Primavori (1999) - Planet Stone. Giorgio Zusi editore, 336 pp.</p> <p>Christidis (2011) - Advances in the characterization of industrial minerals. EMU notes in Mineralogy, Vol. 9, The Mineralogical Society of Great Britain and Ireland, 485 pp.</p> <p>Gualtieri (2017) - Mineral fibres: crystal chemistry, chemical-physical properties, biological interaction and toxicity. EMU notes in Mineralogy, Vol. 18, The Mineralogical Society of Great Britain and Ireland, 536 pp.</p> <p>Kogel, Trivedi, Barker &amp; Krukowski (2006) - Industrial minerals and rocks. Commodities, markets and uses (VII edition). Society for Mining, Metallurgy and Exploration, Inc. (SME), 1548 pp.</p>
<p><b>Obiettivi formativi</b></p> <p>Il corso si propone di approfondire le conoscenze di base acquisite nella Laurea Triennale in ambito georisorse - giacimenti minerari. Verrà trattata nel dettaglio l'evoluzione della crosta terrestre dall'Archeano al Fanerozoico, con particolare riguardo ai fenomeni metallogenici. Particolare attenzione verrà dedicata ai fenomeni idrotermali ed alle varie tipologie di giacimenti ad essi correlati. Metalli "critici" per l'industria: PGE (Platinum Group Elements), REE (Rare Earth Elements), Sb, Be, Co, Ga, Ge, In, Li, Mg, Nb, Re, Ta e W; per ognuno verranno fornite le conoscenze di base mineralogiche, giacimentologiche, industriali e le relative problematiche ambientali. Verrà approfondito il settore delle rocce ornamentali (dimension stones), con particolare riguardo alla gestione degli scarti ed al loro riutilizzo virtuoso nell'industria. Infine, verrà proposto come esempio di <i>industrial mineral</i> l'amianto, dagli aspetti mineralogici a quelli industriali, fino alle problematiche igienistiche ed analitiche (aria, suoli, terre e rocce da scavo, manufatti).</p>	<p><b>Aims</b></p> <p>The course aims to deepen the basic knowledge acquired in the three-year Degree in the field of ore geology - applied mineralogy. The evolution of the Earth's crust from the Archean to the Phanerozoic Eon will be treated in detail, especially the metallogenic phenomena. Particular attention will be dedicated to hydrothermal phenomena and to the various types of related deposits. "Critical" metals for the industry: PGE (Platinum Group Elements), REE (Rare Earth Elements), Sb, Be, Co, Ga, Ge, In, Li, Mg, Nb, Re, Ta and W; for each one the basic knowledge of mineralogy, ore deposits, industrial uses and related environmental issues will be provided. The sector of ornamental rocks (dimension stones) will be examined in depth, with particular regard to the management of waste products and their virtuous reuse in the industry. Finally, asbestos will be proposed as an example of industrial mineral, from the mineralogical to the industrial aspects, to the hygienic and analytical problems (air, soil, earth and excavation rocks, ACMs).</p>
<p><b>Prerequisiti</b></p> <p>Conoscenze di base di mineralogia, petrografia, chimica e giacimentologia.</p>	<p><b>Prerequisites</b></p> <p>Basic knowledge of mineralogy, petrography, chemistry and ore geology.</p>

GEORISORSE MINERARIE E LAPIDEI	EARTH RESOURCES: INDUSTRIAL MINERALS AND ROCKS
<b>Modalità didattica</b> Lezioni frontali 35 ore 5 CFU, didattica campus abroad 10 ore 1 CFU (escursione didattica sul terreno di due giorni).	<b>Teaching form</b> - 5 credits for lectures, 1 credit for campus abroad activity (2 days field trip).
<b>Modalità di verifica</b> Prova scritta e successivo esame orale	<b>Examination type</b> Written and oral exam
<b>Programma per esteso</b> Concetti base, ore geology & industrial minerals, giacimenti minerari Introduzione al corso, ore minerals & industrial minerals, tenore e tonnellaggio, cut-off. Corpi minerari singenetic ed epigenetici, filoni, vene, pipes, mantos, corpi stratiformi e stratabound. Giacimenti magmatici, cristallizzazione frazionata e liquazione. Giacimenti idrotermali, fattori chiave nella loro genesi. Giacimenti sedimentari, chimici, residuali, arricchimento supergenico. Giacimenti metamorfici. Tettonica e metallogenesi nell'Archeano Terreni a gneiss-granuliti e greenstone belts, stratigrafia dei greenstone belts. Lave komatiitiche e mineralizzazioni a solfuri massicci di Fe-Ni-Cu-PGE. Evoluzione dell'atmosfera, cianobatteri, sviluppo della vita nell'Archeano. Eventi orogenetici ed intrusioni granitoidi TTG, mineralizzazioni associate. Tettonica e metallogenesi nel Proterozoico Principali eventi tettonici nel Proterozoico: accrescimento della crosta continentale, magmatismo anorogenico, rifting intracontinentale, catene orogeniche ensialiche. Complessi basici stratificati: l'esempio del Bushveld Complex. Modello di Irvine: cristallizzazione della cromite per contaminazione di rocce cristalline e per mescolamento di un magma evoluto con un magma primitivo. Carbonatiti, giacimenti a REE, Nb, Ti. Kimberliti e diamanti, genesi di magmi kimberlitici. Il mercato industriale e gemmologico del diamante. Banded Iron Formations, GOE (Great Oxidation Event), mineralogia dei BIF e nomenclatura. Tettonica e metallogenesi nel Fanerozoico Crosta oceanica, cicli di Wilson, relazioni con la metallogenesi. Ofoliti e cromiti podiformi. Giacimenti MVT (Mississippi Valley Type), porphyry, VMS (volcanogenic massive sulphide), filoni mesotermali orogenici, lateriti, arricchimento supergenico. Processi idrotermali Origine dei fluidi, acque magmatiche, metamorfiche, meteoriche, miste. Sorgenti di metalli e meccanismi per la circolazione dei fluidi (thermally-driven, gravity-driven, fault-dilatancy-driven, orogeny-driven). Leganti clorurati e solforati, metalli e leganti soft e hard. Meccanismi di deposizione: variazioni di pH, Eh, T, P, rocce reattive, boiling, mixing, brecce idrauliche. Diagrammi pH - Eh, inclusioni fluide, geotermometri e geobarometri su solfuri, isotopi stabili. Fenomeni di alterazione idrotermale, wall rock-alteration, giacimenti porphyry, epitermali, mesotermali ed ipotermali. REE: giacimenti, applicazioni industriali, problematiche ambientali REE: geochimica e mineralogia. Giacimenti: primari e secondari, carbonatiti, rocce magmatiche alcaline, placer, residuali. Applicazioni industriali delle REE e problematiche ambientali. Mercato mondiale delle REE, prospettive, sostituzioni, riciclaggio. Metalli "critici" per l'industria	<b>Programme</b> Basic concepts, ore & industrial minerals, ore deposits Introduction, ore & industrial minerals, tenor and tonnage, cut-off. Syngeneses and epigenesis, lodes, veins, pipes, mantos, pods, stratiform and stratabound ore bodies. Magmatic deposits, fractional crystallization and liquation. Hydrothermal deposits, key factors in their genesis. Sedimentary, chemical, residual deposits, supergene enrichment. Metamorphic deposits. Archean tectonics and ore deposits High grade gneiss-granulites terranes and greenstone belts, stratigraphy of greenstone belts. Komatiitic lavas and Fe-Ni-Cu-PGE massive sulphide deposits. Evolution of the atmosphere, cyanobacteria, development of life in the Archean. Orogenic phenomena and TTG-suite granite intrusions, related ore deposits. Proterozoic tectonics and ore deposits Main tectonic events in the Proterozoic: growth of the continental crust, anorogenic magmatism, intracontinental rifting, ensialic orogenic belts, mobile belts. Layered mafic-ultramafic complexes: the example of the Bushveld Complex. Irvine model: crystallization of chromite by contamination of crustal rocks and by mixing of an evolved magma with a primitive magma. Carbonatites, REE, Nb, Ti ore deposits. Kimberlites and diamonds, genesis of kimberlitic magmas. The diamond in the industrial and gemmological market. Banded Iron Formations, GOE (Great Oxidation Event), BIF mineralogy and nomenclature. Phanerozoic tectonics and ore deposits Oceanic crust, Wilson cycles, relationships with ore deposits. Ophiolites and podiform chromites. MVT (Mississippi Valley Type) deposits, porphyry, VMS (volcanogenic massive sulphide), mesothermal orogenic lodes, laterites, supergene enrichment. Hydrothermal processes Origin of fluids: magmatic, metamorphic, meteoric, mixed waters. Metal sources and mechanisms for the circulation of fluids (thermally-driven, gravity-driven, fault-dilatancy-driven, orogeny-driven). Chloride-dominant and sulphide-dominant complexing, soft and hard metals and ligands. Deposition mechanisms: changes in pH, Eh, T, P, reactive rocks, boiling, mixing, hydraulic breccias. pH - Eh diagrams, fluid inclusions, geothermometers and geobarometers on sulphides, stable isotopes. Hydrothermal alteration, wall rock-alteration, porphyry, epithermal, mesothermal and hypothermal deposits. REE: deposits, industrial applications, environmental issues REE: geochemistry and mineralogy. Ore deposits: primary and secondary, carbonatites, alkaline magmatic rocks, placers, laterites. Industrial REE applications and environmental issues. World market



GEORISORSE MINERARIE E LAPIDEI	EARTH RESOURCES: INDUSTRIAL MINERALS AND ROCKS
<p>Critical metals, applicazioni industriali, riciclaggio. Antimonio: proprietà chimiche e fisiche, mineralogia, principali giacimenti minerari, ore dressing &amp; treatment, applicazioni industriali, problematiche ambientali, risorse e riserve, prospettive future ed alternative. Berillio: proprietà chimiche e fisiche, mineralogia, principali giacimenti minerari, ore dressing &amp; treatment, applicazioni industriali, problematiche ambientali, risorse e riserve, prospettive future ed alternative. Cobalto: proprietà chimiche e fisiche, mineralogia, principali giacimenti minerari, ore dressing &amp; treatment, applicazioni industriali, problematiche ambientali, risorse e riserve, prospettive future ed alternative. Gallio: proprietà chimiche e fisiche, mineralogia, principali giacimenti minerari, ore dressing &amp; treatment, applicazioni industriali, problematiche ambientali, risorse e riserve, prospettive future ed alternative. Germanio: proprietà chimiche e fisiche, mineralogia, principali giacimenti minerari, ore dressing &amp; treatment, applicazioni industriali, problematiche ambientali, risorse e riserve, prospettive future ed alternative. Indio: proprietà chimiche e fisiche, mineralogia, principali giacimenti minerari, ore dressing &amp; treatment, applicazioni industriali, problematiche ambientali, risorse e riserve, prospettive future ed alternative. Litio: proprietà chimiche e fisiche, mineralogia, principali giacimenti minerari, ore dressing &amp; treatment, applicazioni industriali, problematiche ambientali, risorse e riserve, prospettive future ed alternative. Magnesio: proprietà chimiche e fisiche, mineralogia, principali giacimenti minerari, ore dressing &amp; treatment, applicazioni industriali, problematiche ambientali, risorse e riserve, prospettive future ed alternative. Platinum Group Metals: proprietà chimiche e fisiche, mineralogia, principali giacimenti minerari, ore dressing &amp; treatment, applicazioni industriali, problematiche ambientali, risorse e riserve, prospettive future ed alternative. Renio: proprietà chimiche e fisiche, mineralogia, principali giacimenti minerari, ore dressing &amp; treatment, applicazioni industriali, problematiche ambientali, risorse e riserve, prospettive future ed alternative. Niobio e Tantalio: proprietà chimiche e fisiche, mineralogia, principali giacimenti minerari, ore dressing &amp; treatment, applicazioni industriali, problematiche ambientali, risorse e riserve, prospettive future ed alternative. Tungsteno: proprietà chimiche e fisiche, mineralogia, principali giacimenti minerari, ore dressing &amp; treatment, applicazioni industriali, problematiche ambientali, risorse e riserve, prospettive future ed alternative.</p> <p>Amianto. Introduzione alla problematica amianto: mineralogia, serpentino ed anfiboli, concetto di abito asbestiforme, produzione mondiale e distribuzione dei giacimenti minerari. Amianto: proprietà tecniche del crisotilo e degli amianti di anfibolo. NOA: naturally occurring asbestos. Manufatti contenenti amianto, friabili e compatti. Principali tecniche di rimozione di MCA, smaltimento in discarica, inertizzazione, incapsulamento, confinamento. Principali patologie legate all'esposizione professionale ed occasionale ad amianto. Determinazione del contenuto di amianto in campioni massivi e in polveri aerodisperse, criticità analitiche. Cenni alle FAV (Fibre Artificiali Vetrose). I materiali lapidei ad uso ornamentale e la gestione degli scarti</p> <p>I materiali lapidei ad uso ornamentale e strutturale: marmi, pietre e graniti. Lavorabilità, lucidabilità,</p>	<p>for REEs, perspectives, substitutions, recycling.</p> <p>Critical metals</p> <p>Critical metals, industrial applications, recycling. Antimony: chemical and physical properties, mineralogy, main mineral deposits, ore dressing and treatment, industrial applications, environmental problems, resources and reserves, future and alternative materials. Beryllium: chemical and physical properties, mineralogy, main mineral deposits, ore dressing and treatment, industrial applications, environmental problems, resources and reserves, future and alternative materials. Cobalt: chemical and physical properties, mineralogy, main mineral deposits, ore dressing and treatment, industrial applications, environmental problems, resources and reserves, future and alternative materials. Gallium: chemical and physical properties, mineralogy, main mineral deposits, ore dressing and treatment, industrial applications, environmental problems, resources and reserves, future and alternative materials. Germanium: chemical and physical properties, mineralogy, main mineral deposits, ore dressing and treatment, industrial applications, environmental problems, resources and reserves, future and alternative materials. Indium: chemical and physical properties, mineralogy, main mineral deposits, ore dressing and treatment, industrial applications, environmental problems, resources and reserves, future and alternative materials. Lithium: chemical and physical properties, mineralogy, main mineral deposits, ore dressing and treatment, industrial applications, environmental problems, resources and reserves, future and alternative materials. Magnesium: chemical and physical properties, mineralogy, main mineral deposits, ore dressing and treatment, industrial applications, environmental problems, resources and reserves, future and alternative materials. Platinum Group Metals: chemical and physical properties, mineralogy, main mineral deposits, ore dressing and treatment, industrial applications, environmental problems, resources and reserves, future and alternative materials. Rhenium: chemical and physical properties, mineralogy, main mineral deposits, ore dressing and treatment, industrial applications, environmental problems, resources and reserves, future and alternative materials. Niobium and Tantalum: chemical and physical properties, mineralogy, main mineral deposits, ore dressing and treatment, industrial applications, environmental problems, resources and reserves, future and alternative materials. Tungsten: chemical and physical properties, mineralogy, main mineral deposits, ore dressing and treatment, industrial applications, environmental problems, resources and reserves, future and alternative materials.</p> <p>Asbestos: Introduction to the asbestos problem: mineralogy, serpentine and amphibole asbestos, concept of asbestiform crystal habit, world production and distribution of mineral deposits. Asbestos: technical properties of chrysotile and amphibole asbestos. NOA: naturally occurring asbestos. Asbestos containing materials (ACMs), friable and compact. Main techniques of removal of ACM, landfill, inertization, encapsulation, confinement. Main pathologies related to professional and occasional exposure to asbestos. Determination of the asbestos content in bulk samples and in airborne dust, analytical criticalities. MMVF (Man-made Vitreous</p>

<b>GEORISORSE MINERARIE E LAPIDEI</b>	<b>EARTH RESOURCES: INDUSTRIAL MINERALS AND ROCKS</b>
spaccabilità. Proprietà tecniche e lavorazioni a rasamento, ad urto, termici e chimici. I materiali lapidei del VCO: graniti, marmi, beole, serizzi, pietra ollare, pietre minori. Inquadramento geologico, caratterizzazione minero-petrografica, prove fisico-meccaniche. Tipologie degli scarti, limi di segagione, caratterizzazione fisica, chimica e mineralogica, riutilizzo in ambito industriale.	Fibers). Stone materials for ornamental use and waste management Stone materials for ornamental and structural use: marbles, stones and granites. Workability, polishing and splitting attitude. Technical properties, impact, thermal and chemical processing. The stone materials of the VCO district: granites, marbles, Beola, Serizzo, soapstones, minor stones. Geological framework, minero-petrographic characterization, physical-mechanical tests. Types of waste, residual sludge, physical, chemical and mineralogical characterization, reuse in the industrial field.
<b>Orario di ricevimento</b> Lunedì dalle 10:30 alle 12:30, oppure su appuntamento (edificio U4, I piano, stanza 1027).	<b>Office hours</b> Monday from 10:30 to 12:30, or by appointment (building U4, I floor, room 1027)

<b>GEOENERGIA</b>	<b>GEO-ENERGY</b>
<b>II anno, II semestre</b>	<b>II year, II semester</b>
<b>CFU 4</b>	<b>ECTS 4</b>
<b>Docente</b> <b>Prof. Giovanni Crosta</b>	<b>Lecturer</b> <b>Prof. Giovanni Crosta</b>
<b>Contenuti</b> Le fonti di energia sono uno dei fattori di maggiore rilevanza per le attività umane e il consumo di queste fonti ha un impatto immediato sulle condizioni di vita ma anche sugli equilibri del nostro pianeta. Il corso si propone di coprire gli aspetti fondamentali riguardanti i problemi della ricerca e sfruttamento delle risorse energetiche con cenni sui rischi connessi.	<b>Contents</b> Energy resources are one of the most important factors for human activity and consumption of these sources has an immediate impact on the living conditions but also on the equilibrium and evolution of our planet. The course will cover the basic aspects regarding the problems of research and exploitation of energy resources with hints about the associated risks.
<b>Testi di riferimento</b> Materiale fornito dal docente, articoli e altri testi	<b>References</b> Course notes, papers and other texts
<b>Obiettivi formativi</b> Fornire un quadro conoscitivo che renda un geologo in grado di affrontare le emergenti problematiche in tema di geoenergia e sostenibilità	<b>Aims</b> Provide a broad framework of knowledge to geologists to address the emerging issues in the field of geo-energy and sustainability
<b>Modalità didattica</b> - Lezione frontale 28 ore 4 CFU	<b>Teaching form:</b> - Lessons 28 hours
<b>Modalità di verifica</b> - esame orale	<b>Examination type</b> - Oral examination
<b>Programma per esteso</b> Tale corso avrà i seguenti contenuti: - <u>Introduzione generale alle fonti di energia</u> - Domanda di energia. <u>Modelli concettuali di rocce serbatoio</u> Modelli concettuali di giacimenti di idrocarburi - Caratteristiche geometriche, fisiche e meccaniche di rocce serbatoio - Fattori geologici determinanti - Strumenti e tecniche per la caratterizzazione - Stratificazione dei fluidi in un giacimento - Circolazione multifluido in giacimenti olio e gas, in	<b>Programme</b> Main contents of this course are: - <u>General introduction to energy resources</u> - Energy demand <u>Conceptual models of reservoir rocks</u> Conceptual models of oil and gas reservoirs - Geometric, physical and mechanical properties of reservoir rocks - Geological key-factors - Tools and techniques for characterization - Stratification of fluids in a reservoir - Multi-fluid circulation in oil and gas deposits in porous

GEOENERGIA	GEO-ENERGY
<p>rocce porose e fratturate</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Geomeccanica applicata all'estrazione di idrocarburi (stabilità, perforazioni, sforzi in serbatoio, tecniche di miglioramento)</li> <li>- Risorse non convenzionali</li> </ul> <p><u>Introduzione alle risorse geotermiche, sistemi geotermici a bassa, media e alta entalpia</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Il campo termico terrestre. Cenni storici di geotermia. Sorgenti di energia termica all'interno della Terra. Il gradiente geotermico. Contrasti di conduttività. Effetti di temperature non uniformi alla superficie sui profili di temperatura. Distribuzione della temperatura entro la Terra e le mappe Geotermiche.</li> <li>- Proprietà termiche delle rocce e dei fluidi (Conducibilità, capacità, diffusività). L'impatto delle alte pressioni e temperature sui fluidi. Misura del campo termico, strumentazione, metodi. Anomalie di temperatura e associazione con fenomeni naturali (acque termali, sorgenti calde, geyser, vulcani, vulcani di fango). Interpretazione di misure termiche.</li> <li>- Concetti, classificazione e chimica dei sistemi geotermici. Sviluppo di un modello geotermico. Analisi regimi geotermici. Indagini termiche nella ricerca petrolifera. Analisi termiche in idrologia.</li> <li>- Sistemi di pompe di calore a ciclo aperto e chiuso. Impatti sulla qualità dell'acqua. Normativa. Flusso d'acqua e trasporto di calore Immagazzinamento calore, capacità specifica e termica, trasporto di calore per advezione, conduzione, convezione.</li> <li>- Scambiatori di calore. Stima del potenziale termico di un acquifero superficiale non confinato.</li> <li>- Soluzioni analitiche per sistemi chiusi e aperti.</li> <li>- Soluzioni numeriche.</li> <li>- Funzionamento a breve e lungo termine.</li> <li>- Metodi di indagine.</li> <li>- EGS: enhanced geothermal systems, hot dry rocks, tecniche di miglioramento delle performance di rocce serbatoio</li> </ul> <p><u>Stoccaggio di CO<sub>2</sub> e gas naturali</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Caratterizzazione delle proprietà dei materiali</li> <li>- Metodi di modellazione</li> <li>- Prove in laboratorio, in sito e monitoraggio</li> <li>- Micro-sismicità indotta</li> <li>- Tecniche di ricerca geofisica</li> </ul> <p>Valutazioni per lo stoccaggio di scorie radioattive</p>	<p>rocks and fractured rock masses</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Geomechanics applied to the extraction of hydrocarbons (drilling, stability, stresses in a reservoir, improvement techniques)</li> <li>- Unconventional resources</li> </ul> <p><u>Introduction to geothermal resources, geothermal systems in low, medium and high enthalpy</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- The thermal field of the Earth. A brief history of geothermal energy. Sources of thermal energy within the Earth. The geothermal gradient. Conductivity contrasts. Effects of non-uniform temperatures to the surface on temperature profiles. Temperature distribution within the Earth and the Geothermal maps.</li> <li>- Thermal properties of the rocks and fluids (conductivity, capacity, diffusivity). The impact of high temperature and pressure on fluids. Measurement of the thermal field, instrumentation, methods. Temperature anomalies and association with natural phenomena (hot springs, geysers, volcanoes, mud volcanoes). Interpretation of thermal measurements.</li> <li>- Concepts, classification and chemistry of geothermal systems. Development of a geothermal model. Analysis of geothermal systems. Thermal surveys in oil exploration. Thermal analysis in hydrology.</li> <li>- Systems of heat pumps in open and closed loops. Impacts on water quality. Legislation. Water flow and heat transport Storage heat, specific capacity and thermal, heat transport by advection, conduction, convection.</li> <li>- Heat exchangers. Estimation of the potential heat of a shallow unconfined aquifer.</li> <li>- Analytical solutions for closed and open systems.</li> <li>- Numerical solutions.</li> <li>- Operation in the short and long term.</li> <li>- Methods of investigation.</li> <li>- EGS: enhanced geothermal systems, hot dry rocks, techniques for improving the performance of reservoir rocks</li> </ul> <p><u>CO<sub>2</sub> storage and natural gas</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Characterization of material properties</li> <li>- Modeling Methods</li> <li>- Tests in the laboratory, and on-site monitoring</li> <li>- Micro-induced seismicity</li> <li>- Techniques of Geophysical Research</li> </ul> <p>Evaluation of radioactive waste repositories</p>
<p><b>Altre informazioni:</b></p> <p>Sul sito web: <a href="http://www.unimib.it">www.unimib.it</a> nell'area didattica è possibile trovare le informazioni sul c.v. del docente, il numero di telefono dello studio, la sede universitaria o di lavoro, l'orario di ricevimento studenti e l'indirizzo e-mail.</p>	<p><b>More information:</b></p> <p>Website: <a href="http://www.unimib.it">www.unimib.it</a> in teaching area you can find information about teachers c.v., telephone number, University room or other place of work, office hours and e-mail.</p>

PALEOCEANOLOGIA E PALEOCLIMATOLOGIA	
II anno, I semestre	II year, II semester
CFU 6	ECTS 6
<p><b>Docente</b> <b>Dott. Elisa Malinverno</b></p>	<p><b>Lecturer</b> <b>Dr. Elisa Malinverno</b></p>
<p><b>Contenuti</b></p> <p>Basi di Paleocceanografia e Paleoclimatologia: sistema climatico, cronologia, proxy. Variabilità e variazioni climatiche: le scale di tempo del cambiamento.</p>	<p><b>Contents</b></p> <p>Bases of Paleocceanography and Paleoclimatology: climate system, chronology, proxies. Climatic variability and climate variations: timescales of changes.</p>



<b>PALEOCEANOLOGIA E PALEOCLIMATOLOGIA</b>	
Variazioni paleoceanografiche ricostruite attraverso proxy.	Paleoceanographic variations, as reconstructed through proxy data.
<b>Testi di riferimento</b> Dispense fornite dal docente sulla piattaforma e-learning	<b>References</b> Bradley - Quaternary Paleoclimatology Slides provided by the professor
<b>Obiettivi</b> Comprendere la variabilità naturale del sistema climatico; conoscere le variazioni climatiche e le loro cause, alle diverse scale di tempo; studio dei proxy in diversi archivi; conoscenza dei principali processi oceanografici nel presente e nel passato.	<b>Aims</b> Understanding the natural variability in the climate system; knowledge of climatic variations and their causes at different time scales; study of proxies in different archives; knowledge of the main oceanographic processes in the present and in the past.
<b>Prerequisiti</b> Geobiologia	<b>Prerequisites</b> Geobiology
<b>Modalità didattica</b> - Lezione frontale 35 ore 5 CFU - Esercitazioni 12 ore 1 CFU	<b>Teaching form</b> - Lessons - Tutorials
<b>Modalità dell'esame</b> Esame orale: 2 domande volte a valutare la conoscenza dei proxy, dei meccanismi e delle scale di tempo dei cambiamenti; 1 domanda relativa ai cambiamenti avvenuti in un intervallo di tempo tra quelli mostrati a lezione e nelle diapositive, con disegno del grafico.	<b>Examination type</b> Oral examination: 2 questions to assess the knowledge on proxies and the mechanisms and time scales of changes; 1 question related to the changes occurred within one specific time frame, among those shown in class and in the slides, drawing a graph
<b>Programma</b> Lezioni: Il sistema climatico: componenti, inter-relazioni, variabilità annuale e inter-annuale. Variazioni climatiche: scale di tempo e meccanismi di controllo a scala globale; l'impatto antropico. Cronologia: i principali metodi di datazione in paleoclimatologia e paleoceanografia. Il radiocarbonio come metodo di datazione e proxy paleoceanografico. Proxy paleoclimatici: esempi e applicazioni nel record marino, dei ghiacci e terrestre. Evoluzione paleoclimatica nel passato geologico: stati del clima nella Terra delle origini; stati di greenhouse e icehouse; la mid-house del Cenozoico; variazioni climatiche e cicli di Milankovitch; variabilità a scala millenaria, secolare e decadale nel passato recente. Applicazioni paleoceanografiche; clima e livello del mare; paleocircolazione e paleoproduttività; eventi anossici globali e nel Mediterraneo (sapropel); crisi di salinità; acidificazione degli oceani nel presente e nel record del passato. Laboratorio: Casi di studio: analisi, elaborazione e interpretazione di dati paleoclimatici e paleoceanografici. Analisi e discussione ricostruzioni paleoclimatiche e paleoceanografiche della letteratura scientifica recente.	<b>Programme</b> Lessons: The climate system: components, inter-relations, annual and inter-annual variability. Climatic variations: time scales and control mechanisms at the global scale; the anthropogenic impact. Chronology: main dating methods in paleoclimatology and paleoceanography. Radiocarbon as a dating method and paleoclimatic-paleoceanographic proxy. Paleoclimatic proxies: examples and applications in the marine, ice and terrestrial record. Climatic evolution in the geologic past: early Earth climate states and climate evolution; greenhouse and icehouse states; the Cenozoic mid-house; climate variations and Milankovitch cycles; millennial, centennial and decadal-scale variability in the recent past. Paleoceanographic applications; climate and sea level; paleocirculation and paleoprodutivity; global and Mediterranean (sapropel) anoxic events; salinity crisis; ocean acidification in the present-day and in the paleo-record. Tutorials: Case studies: analysis, processing and interpretation of paleoclimatic and paleoceanographic data. Analysis and discussion on paleoclimatic and paleoceanographic reconstructions from the recent scientific literature.
<b>Orario di ricevimento</b> Lunedì e giovedì: 9:00-12.00	<b>Office hours</b> Monday and Thursday: 9:00 AM - 12:00 AM

<b>MODELLAZIONE GEOLOGICA 3D</b>	<b>3D GEOMODELLING</b>
<b>II anno, I semestre</b>	<b>II year, II semester</b>

<b>MODELLAZIONE GEOLOGICA 3D</b>	<b>3D GEOMODELLING</b>
<b>CFU 4</b>	<b>ECTS 4</b>
<b>Docente</b> <b>Dott. Andrea Bistacchi</b>	<b>Lecturer</b> <b>Dr. Andrea Bistacchi</b>
<b>Contenuti</b> Il corso si propone di affrontare tematiche relative alla modellazione geologica 3D, attraverso una trattazione teorica e esercizi pratici con software dedicati utilizzati nell'industria.	<b>Contents</b> The course regards 3D geomodelling techniques, which are discussed in theory and implemented in exercises with industry-standard software.
<b>Testi di riferimento</b> Slide, articoli scientifici, riferimenti a capitoli selezionati da libri di testo, organizzati su e-LEARNING.	<b>References</b> Slides, scientific papers, references to selected chapters from textbook, presented in a logical order on e-LEARNING
<b>Obiettivi formativi</b> Il corso si propone di affrontare tematiche relative alla modellazione geologica 3D per mezzo di software avanzati.	<b>Aims</b> To carry out a thorough review of 3D geomodelling techniques with advanced software
<b>Prerequisiti</b> Geodinamica e Geologia strutturale	<b>Prerequisites</b> Geodynamics and structural geology
<b>Modalità didattica</b> - Lezione frontale, 7 ore 1 CFU - esercitazioni al computer con software dedicato 36 ore 3 CFU	<b>Teaching form</b> - Lessons, laboratory experiences with 3D modelling workstation and software
<b>Modalità di verifica</b> - Costruzione di un modello geologico 3D (progetto personale). Esame orale comprendente una discussione su tutti gli argomenti trattati e sul progetto personale.	<b>Examination type</b> - Reconstruction of a 3D geological model (personal project). Oral examination regarding all the topics and particularly the project.
<b>Programma per esteso:</b> Il corso si sviluppa attraverso una parte teorica strettamente integrata con esercitazioni pratiche. I principali argomenti sono: (1) fondamenti del geomodelling, topologia, modelli discreti, griglie, geostatistica ed interpolazione; (2) sorgenti di dati 3D: dati di superficie, sondaggi e pozzi, rilievi geofisici; (3) software: limiti e potenzialità; (4) modellazione di una semplice successione sedimentaria; (5) reticoli di faglie; (6) pieghe cilindriche; (7) corpi complessi; (8) rappresentazione, modellazione e simulazione di proprietà degli oggetti geologici; (9) modellazione di sistemi di fratture; (10) retrodeformazione; (11) impiego di modelli geologici 3D come dato di input verso altri ambiti di modellazione: modelli meccanici, simulatori di flusso in geologia degli idrocarburi, modelli idrogeologici, ecc.	<b>Programme:</b> The course includes a review of theory tightly integrated with practical exercises. Principal topics are: (1) fundamentals of geomodelling, topology, discrete models, grids, geostatistics and interpolation; (2) 3D data sources: surface geology, borehole, and geophysics data; (3) software: problems and functionalities; (4) modelling a simple layer-cake stratigraphy; (5) fault networks; (6) cylindrical folds; (7) complex geo-bodies; (8) representation, modelling and simulation of properties of geological objects; (9) fracture network modelling; (10) retrodeformation; (11) using 3D geomodels as input data for further modelling steps: mechanical models, flow simulators in hydrocarbon geology, hydrogeological models, etc.
<b>Orario di ricevimento</b> Tutti i giorni in orario di ufficio	<b>Office hours</b> All days in office hours.

<b>METODI DI ANALISI GEOLOGICO-STRUTTURALE</b>	<b>ADVANCED METHODS IN STRUCTURAL GEOLOGY</b>
<b>II anno, I semestre</b>	<b>II year, II semester</b>
<b>CFU 4</b>	<b>ECTS 4</b>
<b>Docente</b> <b>Dott. Andrea Bistacchi</b>	<b>Lecturer</b> <b>Dr. Andrea Bistacchi</b>

METODI DI ANALISI GEOLOGICO-STRUTTURALE	ADVANCED METHODS IN STRUCTURAL GEOLOGY
<b>Contenuti</b> Il corso riguarda tecniche avanzate per l'acquisizione e l'analisi di dati geologico-strutturali a scale diverse, sul terreno ed in laboratorio.	<b>Contents</b> The course covers advanced techniques for the collection and analysis of structural geology data at different scales in the field and in the lab.
<b>Testi di riferimento</b> Slide, articoli scientifici, riferimenti a capitoli selezionati da libri di testo, organizzati su e-LEARNING.	<b>References</b> Slides, scientific papers, references to selected chapters from textbook, presented in a logical order on e-LEARNING.
<b>Obiettivi formativi</b> Essere in grado di raccogliere e analizzare in modo integrato e quantitativo dati strutturali a diverse scale	<b>Aims</b> To be able to collect and analyse in an integrated and quantitative way structural geology datasets at different scales.
<b>Prerequisiti</b> Geodinamica e Geologia strutturale	<b>Prerequisites</b> Geodynamics and structural geology
<b>Modalità didattica</b> - Laboratorio 24 ore 2 CFU Didattica campus abroad 20 ore 2 CFU	<b>Teaching form</b> - Laboratory experiences, and fieldwork
<b>Modalità di verifica:</b> Relazione tematica su un caso di studio a scelta tra quelli trattati. Esame orale comprendente una discussione su tutti gli argomenti trattati e sul progetto personale.	<b>Examination type:</b> Report on one of the case studies. Oral examination regarding all the topics and particularly the report.
<b>Programma per esteso:</b> Nel corso di due/tre moduli, in cui saranno affrontati casi di studio relativi a sistemi di pieghe e a zone di faglia in ambiente fragile e duttile, si svolgeranno le seguenti attività, simulando tutte le fasi di un progetto di caratterizzazione strutturale secondo gli standard più aggiornati: (1) inquadramento geologico, strutturale e tettonico, basato su dati bibliografici (articoli scientifici, carte geologiche, ecc.); (2) reperimento dei dati utili al rilievo (basi topografiche, immagini aeree e satellitari, DTM, ecc.) ed impostazione di una banca dati adeguata alle finalità del progetto; (3) rilievo di terreno, svolto a diverse scale in funzione delle finalità del progetto e delle scale proprie delle strutture analizzate; nel corso di questa fase del lavoro saranno raccolti dati geologici (carta geologica), dati strutturali (misure di orientazione degli elementi del fabric, faglie e fratture, analisi cinematica/microtettonica, ecc.), campioni orientati, ecc.; saranno svolti, sempre in funzione del progetto, anche rilievi di estremo dettaglio, quali scanlines e scanareas, form surface maps, eventuali rilievi 3D con metodi fotogrammetrici, eventualmente tramite droni (UAV), ecc. (4) implementazione della base dati e restituzione dei dati raccolti; (5) analisi microstrutturale al microscopio ottico ed, eventualmente, al microscopio elettronico a scansione, supportate da tecniche quantitative di analisi di immagine, volta a definire, secondo il caso studiato, le condizioni meccaniche e ambientali della deformazione (fragili oppure duttili, sismogeniche oppure creep, ecc.), i meccanismi di deformazione a scala inter- e intra-granulare, la cronologia delle fasi deformative, la cinematica, le relazioni metamorfismo-deformazione, le relazioni con sistemi di vene ed altre evidenze di circolazione di fluidi, le caratteristiche tessiturali ed idrauliche delle rocce di faglia, ecc.	<b>Programme:</b> During two/three modules, dealing with case studies on fold and fault systems in the brittle and ductile deformation regime, the following tasks will be carried out, simulating all the phases of a state-of-the-art structural geology project: (1) geological, structural and tectonic setting, based on published data (scientific papers, geological maps, etc.); (2) collection of base data (topographic maps, digital satellite and aerial images, DM, etc.); (3) fieldwork, carried out at different scales according to the goals of the case study and the scale of the investigated structures; results of this phase will include a geological map, structural data (orientation data on metamorphic fabrics and/or faults and fractures, kinematic data, etc.), oriented samples, etc.; according to the project goals, also very detailed surveys will be carried out, such as scanlines, scanareas, form surface maps, 3D surveys with photogrammetric methods, possibly with drones (UAVs), etc. (4) implementation of a database and restitution of all collected data; (5) microstructural analysis with optical microscopy and possibly SEM, aided by quantitative image analysis techniques, aimed at defining, according to the case study, mechanical and environmental conditions of deformation (brittle vs. ductile, seismogenic vs. creep, etc.), deformation mechanisms at the inter- and intra-granular scale, deformation phases chronology, kinematics, deformation-metamorphism relationships, relationships with veins and fluid flow, textural and hydraulic properties of fault rocks, etc. (6) data analysis with stereoplots and directional statistics, statistical analysis of fault and fracture networks, geological cross-sections (possibly balanced), reconstruction of deformation phases (time-deformation paths) and definition of the associated

<b>METODI DI ANALISI GEOLOGICO-STRUTTURALE</b>	<b>ADVANCED METHODS IN STRUCTURAL GEOLOGY</b>
<p>(6) analisi dei dati tramite proiezioni stereografiche e statistica direzionale, analisi statistica dei network di faglie e fratture, costruzione di sezioni geologiche (eventualmente bilanciate, secondo il progetto), ricostruzione di sequenze di fasi deformative (percorsi tempo-deformazione) e caratterizzazione delle stesse in termini di condizioni meccaniche, idrauliche e di pressione e temperatura;</p> <p>(7) modellazione quantitativa geomeccanica con metodi analitici o numerici selezionati in funzione dei processi deformativi risultanti dalle analisi;</p> <p>(8) discussione dei risultati e conclusioni, in funzione delle finalità del progetto.</p>	<p>mechanical, hydraulic, pressure and temperature conditions;</p> <p>(7) quantitative geomechanical modelling with analytical or numerical methods selected based on the deformative processes detected thanks to the previous analyses;</p> <p>(8) discussion of results and conclusion of the case studies, according to the project goals.</p>
<p><b>Orario di ricevimento</b> Tutti i giorni in orario di ufficio.</p>	<p><b>Office hours</b> All days in office hours</p>

<b>LABORATORIO MODELLAZIONE IDROGEOLOGICA</b>	<b>GROUNDWATER MODELLING LAB</b>
<b>II anno, II semestre</b>	<b>II year, II semester</b>
<b>CFU 4</b>	<b>ECTS 4</b>
<p><b>Docente</b> <b>Prof. Paolo Frattini</b></p>	<p><b>Lecturer</b> <b>Prof. Paolo Frattini</b></p>
<p><b>Contenuti</b> Richiami sui metodi numerici a completamento di altri corsi e finalizzati alla modellazione idrogeologica. Utilizzo di codici di calcolo agli elementi finiti e differenze finite per la soluzione di problemi di flusso di acque sotterranee</p>	<p><b>Contents:</b> Basics of numerical methods with particular reference to groundwater modelling. Application of finite element and finite difference numerical codes for the solution of groundwater flow</p>
<p><b>Testi di riferimento</b> Appunti e presentazioni power point fornite dal docente. Letteratura scientifica</p>	<p><b>References</b> Course notes and power-point slides provided by the teacher. Scientific papers</p>
<p><b>Obiettivi formativi</b> Il corso intende fornire delle basi teoriche e pratiche circa la modellazione numerica e l'utilizzo di codici di calcolo ai fini della simulazione idrogeologica. A fine corso lo studente sarà in grado di utilizzare strumenti di calcolo di diverso tipo ai fini di impostare e svolgere simulazioni di fenomeni geologici in cui siano rilevanti il comportamento dei materiali, la presenza di fluidi e di eventuali opere.</p>	<p><b>Aims</b> To provide theoretical and practical basis on numerical techniques for groundwater modelling. The student will be able to use different numerical codes to solve problems related to fluid flow in geological problems.</p>
<p><b>Prerequisiti</b> Idrogeologia</p>	<p><b>Prerequisites</b> Idrogeologia</p>
<p><b>Modalità didattica</b> Laboratorio con utilizzo pratico di software di modellazione numerica (es: FEFLOW) - Laboratorio 48 ore 4 CFU</p>	<p><b>Teaching form</b> Lessons and laboratory activity with the practical use of numerical modelling software (e.g., FEFLOW) - Laboratory experiences 48 hours</p>
<p><b>Modalità di verifica</b> Prevalentemente basato sullo svolgimento di un progetto tramite utilizzo di codici di calcolo e successiva presentazione e discussione dello stesso.</p>	<p><b>Examination type</b> Development of a practical modelling project with report and short discussion.</p>
<p><b>Programma per esteso</b> Richiami sui metodi numerici a completamento di altri corsi e finalizzati alla modellazione idrogeologica. Cenno a metodi numerici: differenze finite, elementi finiti. Approssimazioni, serie di Taylor, condizionamento,</p>	<p><b>Programme</b> Basics of numerical methods with particular reference to groundwater modelling. Analysis of different approaches: finite differences, finite elements. Approximations, Taylor series, conditioning, stability,</p>

<b>LABORATORIO MODELLAZIONE IDROGEOLOGICA</b>	<b>GROUNDWATER MODELLING LAB</b>
<p>stabilità, consistenza, condizioni al contorno, metodi iterativi.</p> <p>Richiami di idrogeologia utili alla formulazione e risoluzione di problemi con tecniche numeriche. Esempi di soluzioni numeriche: eq. diffusione, advezione dispersione, flusso di calore.</p> <p>Utilizzo di codici di calcolo agli elementi finiti (es: FEFLOW) e differenze finite (es: MODFLOW in ambiente Groundwater Modelling System e Groundwater Vistas) per la soluzione di problemi di:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- flusso di acque sotterranee in condizioni stazionarie e transitorie,</li> <li>- trasporto contaminanti</li> <li>- acquiferi salini costieri</li> <li>- ottimizzazione di pozzi</li> </ul>	<p>consistency, boundary conditions, iterative methods. Basics of hydrogeological concepts useful for the definition and the solution of problems by using numerical methods. Examples of numerical solutions, eq. diffusion, advection, dispersion, heat flow. Application of finite element (e.g., FEFLOW) and finite difference (e.g., MODFLOW with GMS and GV interfaces) numerical codes for the solution of:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- groundwater flow in saturated and unsaturated conditions, steady and transient.</li> <li>- contaminant transport</li> <li>- coastal saline aquifers</li> <li>- well design</li> </ul>
<p><b>Orario di ricevimento</b> Da Lunedì a Venerdì, 2 p.m. - 4 p.m</p>	<p><b>Office hours</b> From Monday to Friday, 2 p.m. - 4 p.m</p>

<b>APPLICAZIONI GIS AVANZATE</b>	<b>ADVANCED GIS ANALYSIS</b>
<b>II anno, I semestre</b>	<b>II year, I semester</b>
<b>CFU 4</b>	<b>ECTS 4</b>
<b>Docente</b> <b>Prof. Paolo Frattini</b>	<b>Lecturer</b> <b>Prof. Paolo Frattini</b>
<p><b>Contenuti</b> Teoria e pratica per l'analisi e la modellazione di dati territoriali con tecniche avanzate per finalità legate a: geomorfologia, geologia applicata, geologia marina, geologia strutturale.</p>	<p><b>Contents</b> Theoretical and practical analysis and modelling of spatial data with advanced techniques related to: geomorphology, marine geology, engineering geology, structural geology</p>
<p><b>Testi di riferimento</b> Hengl T. &amp; Reuter H.I. (2009): Geomorphometry: concepts, software, applications. Elsevier, 1-765. M. Kanevsky and M. Maignan, (2004) Analysis and modelling of spatial environmental data, EPFL Press, Lausanne, + Appunti e presentazioni power point fornite dal docente. Letteratura scientifica</p>	<p><b>References</b> Hengl T. &amp; Reuter H.I. (2009): Geomorphometry: concepts, software, applications. Elsevier, 1-765. M. Kanevsky and M. Maignan, (2004) Analysis and modelling of spatial environmental data, EPFL Press, Lausanne, + course notes and power-point slides provided by the teacher, Scientific papers</p>
<p><b>Obiettivi formativi</b> Sviluppare la capacità di analizzare e modellare dati territoriali con tecniche avanzate in ambiente GIS</p>	<p><b>Aims</b> To improve the analysis and the modelling of spatial data with advanced techniques in GIS environment.</p>
<p><b>Prerequisiti</b> Laboratorio SIT</p>	<p><b>Prerequisites</b> GIS lab</p>
<p><b>Modalità didattica</b> Lezioni frontali e attività di laboratorio con utilizzo pratico di software di analisi GIS (es: ARCGIS, SAGA-GIS).</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Lezione frontale 7 ore 1 CFU</li> <li>- Laboratorio 36 ore 3 CFU</li> </ul>	<p><b>Teaching form</b> Lessons and laboratory activity with the practical use of GIS software (e.g., ARCGIS, SAGA-GIS).</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Lessons, 7 hours</li> <li>- Laboratory experiences, 36 hours</li> </ul>
<p><b>Modalità di verifica</b> Test a risposta multipla per la verifica delle conoscenze teoriche + esercizio di analisi GIS in laboratorio + discussione dell'esercizio.</p>	<p><b>Examination type</b> Test for the evaluation of the theoretical part + GIS exercise in the laboratory + discussion on the exercise.</p>

APPLICAZIONI GIS AVANZATE	ADVANCED GIS ANALYSIS
<p><b>Programma per esteso</b>  Geomorfometria: tecniche di generazione e correzione di Modelli Digitali del terreno (DEM), funzioni topografiche (pendenza, esposizione, curvatura) e classificazione del terreno in funzione della forma, funzioni idrologiche e generazione automatica di bacini idrografici, esempi di applicazioni in problemi di geologia applicata e geomorfologia.  Geostatistica: generazione del variogramma sperimentale, modellazione del variogramma, kriging semplice e kriging ordinario, co-kriging e applicazione e problemi di geologia applicata, idrogeologia e geologia marina.  Esercitazioni in laboratorio: utilizzo di software commerciali (es: ESRI ArcGIS) e open-source (es: SAGA-GIS, SGeMS) per l'applicazione di tutte le tecniche analizzate nella parte teorica. Le esercitazioni costituiscono parte fondamentale del corso e saranno svolte direttamente al computer con lo sviluppo di problemi di tipo geologico.</p>	<p><b>Programme</b>  Geomorphometry: DEM generation techniques and methods for editing and correction of DEM, topographic functions (slope, aspect, curvature) and terrain classification, hydrological functions and automatic detections of drainage basins. Examples of application for geological problems.  Geostatistics: generation of experimental variogram, variogram modelling, simple kriging, ordinary kriging, co-kriging. Examples of application to geological problems.  Lab activity: application of commercial (e.g., ESRI ArcGIS) and open-source (e.g., SAGA-GIS, SGeMS) software for a practical implementation of techniques</p>
<p><b>Orario ricevimento</b>  Da Lunedì a Venerdì, 2 p.m. - 4 p.m.</p>	<p><b>Office hours</b>  From Monday to Friday, 2 p.m. - 4 p.m.</p>

GEOFISICA APPLICATA	APPLIED GEOPHYSICS
<b>II anno II, semestre</b>	<b>II year, II semester</b>
<b>CFU 4</b>	<b>ECTS 4</b>
<b>Docente</b> Dott.	<b>Lecturer</b> Dr.
<p><b>Contenuti</b>  Il corso si propone di illustrare l'applicazione dei metodi geofisici per scopi geologico-ambientale concentrandosi sulle basi fisiche dei metodi, sui limiti, sull'acquisizione, elaborazione ed interpretazione di dati.</p>	<p><b>Contents</b>  Aim of this course is to illustrate the application of geophysical methods for geological and environmental purposes. The course focuses on the theory behind the methods, on the limits and on acquisition, processing and interpretation of data.</p>
<p><b>Testi di riferimento</b>  - Telford W.M., Geldart L.P. and Sheriff R.E., Applied Geophysics. edn., Cambridge University Press, 1991.  - Reynolds J.M., An Introduction to Applied and Environmental Geophysics, John Wiley and Sons.  - Sharma P.V., Environmental and engineering geophysics, Cambridge University Press.</p>	<p><b>References</b>  - Telford W.M., Geldart L.P. and Sheriff R.E., Applied Geophysics. edn., Cambridge University Press, 1991.  - Reynolds J.M., An Introduction to Applied and Environmental Geophysics, John Wiley and Sons.  - Sharma P.V., Environmental and engineering geophysics, Cambridge University Press.</p>
<p><b>Obiettivi formativi</b>  - Essere in grado di operare proficuamente con la strumentazione geofisica di base.  - Essere in grado di progettare ed eseguire indagini geofisiche superficiali;  - Essere in grado di elaborare ed interpretare i dati derivanti da tali indagini;  - Essere in grado di comunicare i risultati delle indagini attraverso relazioni e presentazioni.</p>	<p><b>Aims</b>  - Be able to operate proficiently basic geophysical instrumentation  - Be able to design and carry out geophysical surveys;  - Be able to reduce and interpret data arising from the surveys;  - Be able to communicate the results of the surveys through professionally written reports and presentations</p>
<p><b>Prerequisiti</b>  E' consigliato il superamento di Prospezioni geofisiche</p>	<p><b>Prerequisites</b>  Suggested geophysical prospecting</p>
<p><b>Modalità didattica</b>  - Lezione frontale 21 ore 3 CFU  - Laboratorio 12 ore 1 CFU</p>	<p><b>Teaching form</b>  - Lessons, 21 hours  - Laboratory experiences 12 hours</p>

<b>GEOFISICA APPLICATA</b>	<b>APPLIED GEOPHYSICS</b>
<b>Modalità di verifica:</b> - esame orale	<b>Examination type:</b> - Oral examination
<b>Programma per esteso:</b> Descrizione dei principi dei metodi geofisici: sismici a riflessione e rifrazione, geoelettrici, elettromagnetici, georadar gravimetrico e magnetico; con particolare enfasi sulle strategie di acquisizione e sui metodi di valutazione della qualità dei dati. Presentazione delle caratteristiche degli strumenti. Presentazione dei principi di pianificazione delle indagini geofisiche superficiali. Sono previste esercitazioni di laboratorio ed esercitazioni in situ. Le esercitazioni pratiche in laboratorio verteranno sulla valutazione di fattibilità e sulla pianificazione delle indagini, sulla verifica degli strumenti, e sull'elaborazione ed interpretazione dei dati acquisiti in situ.	<b>Programme:</b> Description of the principles of geophysical methods: seismic reflection and refraction, ground penetrating radar (GPR), geoelectrical, electromagnetic, gravity and magnetics. A particular emphasis will be devoted on the acquisition methods and on the evaluation of the data quality. The characteristics of the geophysical instruments will be shown. Further the planning of geophysical surveys will be shown. Laboratory and field experiences will be made. The laboratory experiences will be focused on the evaluation of the feasibility of field experiences and in planning the acquisition, instruments evaluation and acquired data interpretation
<b>Altre informazioni</b> Sul sito web: <a href="http://www.unimib.it">www.unimib.it</a> nell'area didattica è possibile trovare le informazioni sul c.v. del docente, il numero di telefono dello studio, la sede universitaria o di lavoro, l'orario di ricevimento studenti e l'indirizzo e-mail	<b>More information</b> Website: <a href="http://www.unimib.it">www.unimib.it</a> - in teaching area you can find information about teacher's c.v., telephone number, University room or other place of work, office hours and e-mail.

<b>SCAVO E CONSOLIDAMENTO TERRE E ROCCE</b>	<b>EXCAVATION AND IMPROVEMENT OF SOIL AND ROCKS</b>
<b>II anno, I semestre</b>	<b>II year, I semester</b>
<b>CFU 4</b>	<b>ECTS 4</b>
<b>Docente</b> <b>Prof. Riccardo Castellanza</b>	<b>Lecturer</b> <b>Prof. Riccardo Castellanza</b>
<b>Contenuti</b> Aspetti geologico-tecnico e geotecnici relativi agli scavi in superficie, in sotterraneo ed alle tecniche di consolidamento dei terreni e delle rocce.	<b>Contents</b> Engineering geology and geotechnical aspects relating to the superficial and underground excavation; improvement techniques of the geomechanical behaviour of soils and rocks
<b>Testi di riferimento</b> -Manfred R. Hausmann. (2008). Engineering principles of ground modification, McGraw-Hill -Appunti ed altri riferimenti verranno indicate dal docente all'inizio del corso	<b>References</b> - Manfred R. Hausmann. (2008). Engineering principles of ground modification, McGraw-Hill -Notes and other references will be provided at the beginning of the course by the professor.
<b>Obiettivi formativi</b> Fornire competenze specifiche legate al profilo del geologo applicato in relazione agli scavi in superficie, in sotterraneo ed alle tecniche di consolidamento dei terreni. Il corso prevede alcune visite in cantieri.	<b>Aims</b> The main goal of the course consists in giving specific knowledge to the engineering geology to deal with geotechnical engineering problem for what concern superficial and underground excavations and method for improving the mechanical behaviour of geomaterial.
<b>Prerequisiti</b> Geologia Applicata, Laboratorio di Geotecnica e Geotecnica Applicata	<b>Prerequisites</b> Engineering Geology
<b>Modalità didattica</b> - Lezione frontale, 14 ore 2 CFU - Esercitazioni, 24 ore 2 CFU	<b>Teaching form</b> - Lessons 14 hours - Practics 24 hours



SCAVO E CONSOLIDAMENTO TERRE E ROCCE	EXCAVATION AND IMPROVEMENT OF SOIL AND ROCKS
<b>Modalità dell'esame</b> Relazione scritta ed esame orale	<b>Examination type</b> Written report and oral examination
<p><b>Programma per esteso:</b>            Generalità. I lavori di scavo, finalità, caratteristiche del mezzo interessato (ammassi rocciosi e terreni), tipologie di scavi. Le indagini e caratterizzazione geologica, idrogeologica e geotecnico/geomeccanica per la progettazione degli scavi.</p> <p><u>Scavi in superficie in TERRENI</u>            Tecniche di scavo in superficie. Tipologie di scavi per le diverse opere civili. Scavi di versanti. Lo scavo ed il sostegno: Diaframmi e Paratie. Contenimento di cedimenti indotti in aree urbane. Puntelli, tiranti ed altre soluzioni. Soluzioni operative per lo scavo sotto falda : metodi per il controllo della falda.. Tecniche di consolidamento dei terreni. Scavo in terreni: macchine, loro prestazioni e criteri di scelta. Case histories.</p> <p><u>Scavi in superficie in AMMASSI ROCCIOSI</u>            Tecniche di scavo in superficie. Tipologie di scavi per le diverse opere civili. Scavi di versanti . Lo scavo ed il sostegno. Scavi in ammassi rocciosi con mine: esplosivi e mezzi di innesco, loro caratteristiche e prestazioni; macchine per la perforazione dei fori da mina ; lo smarino, trasporti continui e discontinui. Scavo in ammassi rocciosi con mezzi meccanici: macchine operatrici, loro prestazioni e criteri di scelta in funzione del litotipo e delle finalità del lavoro. Case histories..</p> <p><u>Scavi in sottterraneo in TERRENI</u>            Lo scavo in sottterraneo. Le tipologie di spazi in sottterraneo, lo scavo ed il sostegno. Metodi costruttivi delle gallerie (tradizionale e meccanizzato) e di cavità in sottterraneo (caverne, stazioni in ambiente metropolitano). Differenti tecniche di scavo in tradizionale in relazione alla tipologia dei terreni ed all'interazione con il regime idrico. Lo scavo a piena sezione con TBM aperte e scudate. I problemi geologici, idrogeologici e geomeccanici associati. I parametri geologici, idrogeologici e geotecnici di progetto. Valutazione delle performance di scavo. Case histories. Lo scavo in terreni con mezzi meccanizzati, frese puntuali, metodi speciali. Lo scavo a piena sezione con TBM EPB e SS-HS.. Condizionamento dei terreni ed posa conci. Le indagini in corso d'opera. Monitoraggio in corso d'opera in sottterraneo e superficie. I sistemi di ventilazione, il trattamento acque, aspetti speciali. Il microtunnelling. Descrizione delle macchine e procedure di scavo. Case histories.</p> <p><u>Scavi in sottterraneo AMMASSI ROCCIOSI</u>            Lo scavo con metodi tradizionali: scavi in ammassi rocciosi con esplosivi e mezzi meccanici. I sostegni di prima fase e definitivi. Lo scavo con metodi meccanizzati: scavi in roccia con mezzi meccanici e frese puntuali. Lo scavo a piena sezione con TBM aperte e scudate, lo smarino. I problemi geologici, idrogeologici e geomeccanici associati. I parametri geologici, idrogeologici e geotecnici di progetto. Valutazione delle performance di scavo. Case histories.</p> <p><u>Consolidamento dei terreni e delle rocce</u>            Problemi e situazioni geologico-tecniche e ambientali che possono richiedere interventi di trattamento e consolidamento: fondazioni di opere d'ingegneria; pendii naturali; opere in terra; scavi in superficie e in sottterraneo; impianti di scarico; grandi infrastrutture; centri storici e monumenti. Metodi di consolidamento dei terreni: jet grouting e deep soil mixing.</p>	<p><b>Programme:</b>            Generality. The excavation work, purpose, characteristics of the rock masses and soils, types of excavations. The investigation and characterization of geological, hydrogeological and geotechnical / geomechanical design of excavations.</p> <p><u>Surface excavation in soils</u>            Excavation techniques on the surface. Excavations for the different types of civil works. Excavation of slopes. The excavation and support: Diaphragms and bulkheads. Induced subsidence in urban areas. Struts, ties and other solutions. Operational solutions for the excavation below the water table: methods for the control of the water .. Techniques of soil grouting. Excavation in soil: equipment, their performance and selection criteria. Case histories.</p> <p><u>Surface excavations in rock masses</u>            Excavation techniques on the surface. Excavations for the different types of civil works. Excavation of slopes. The excavation and support. Excavations in rock masses with mines, explosives and triggering methods, their characteristics and performance; machines for drilling holes for blasting, the mucking, transportation continuous and discontinuous. Excavation in rock masses by mechanical means: machines, their performance and selection criteria as a function of lithotype and purpose of the work. Case histories ..</p> <p><u>Underground excavations in soils</u>            The underground excavation. The types of spaces in underground excavation and support. Methods of construction of tunnels (mechanized and conventional) and underground cavities (caves, stations in urban habitat). Different techniques of excavation in relation to the traditional type of soil and interaction with the water regime. The mechanized excavation: TBM with open shielded. The parameters geological, hydrogeological and geotechnical design. Performance evaluation of excavation. Case histories. The excavation in soil with mechanized cutters on time, special methods. The full face excavation with EPB and SS-HS .. Conditioning the soil and laying concrete. Investigations during construction. Monitoring of underground work and surface. The ventilation systems, water treatment, special aspects. The microtunnelling. Description of machinery and excavation procedures. Case histories.</p> <p><u>Underground excavations in rock masses</u>            The excavation by traditional methods: excavations in rock masses with explosives and mechanical means. The supports of the first and final phase. The excavation with mechanized methods: excavations in rock by local drilling machines The excavation full section with TBM with open and shielded. The parameters geological, hydrogeological and geotechnical design. Performance evaluation of excavation. Case histories.</p> <p><u>Improvement techniques for soils and rocks</u>            Problems and geological/environmental situations that may require emergency treatment and consolidation: the foundations of engineering works, natural slopes, earthworks, excavations on the surface and underground, exhaust systems, major infrastructure; historical centers and monuments. Methods of consolidation for soil: jet grouting, deep soil mixing. Geosynthetic materials and products: types, properties,</p>

SCAVO E CONSOLIDAMENTO TERRE E ROCCE	EXCAVATION AND IMPROVEMENT OF SOIL AND ROCKS
<p>Materiali e prodotti geosintetici: tipologia; proprietà; applicazioni.</p> <p>Metodi di trattamento e consolidamento. Trattamento, con o senza aggiunta di materiali. Rinforzo.</p> <p>Tecniche d'intervento per la stabilizzazione e sistemazione dei pendii</p>	<p>applications. Methods of treatment and consolidation. Treatment, with or without added materials. Reinforcement. Intervention techniques for stabilization of slopes.</p>
<p><b>Orario di ricevimento</b></p> <p>Lunedì dalle 16.00 alle 18.00</p>	<p><b>Office hours</b></p> <p>Monday from 16.00 to 18.00</p>