



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI DI MILANO-BICOCCA

SYLLABUS DEL CORSO

Geological Resources

2627-1-F7603Q003-F7603Q00301

Obiettivi

Il modulo fornisce le basi tecniche, scientifiche e socio-economiche necessarie per affrontare le problematiche più recenti relative alle materie prime nel settore minerario. L'insegnamento di questo modulo è finalizzato a fornire le conoscenze e le basi metodologiche per conoscere e comprendere i principi che definiscono il settore delle materie prime, dal reperimento dei giacimenti minerari e il loro sfruttamento fino alla sostenibilità ambientale. Il corso si concentrerà su alcuni processi e pratiche attualmente riconducibili al concetto di sostenibilità e rispetto dell'ambiente in vari settori della società, quali esempi per specifici approfondimenti sui temi trattati durante il corso.

Gli studenti sono invitati a consultare il syllabus dell'intero corso per i dettagli relativi agli obiettivi di apprendimento e alle competenze.

Conoscenza e comprensione

Conoscenza di base delle caratteristiche dei giacimenti minerari e dei minerali industriali, nonché delle loro caratteristiche genetiche. Metodi di estrazione e lavorazione, con particolare attenzione alla gestione ambientale. Caratterizzazione dei materiali di interesse economico e industriale, e selezione del miglior approccio in termini economici e pratici.

Conoscenza e comprensione applicate

Gli studenti saranno in grado di applicare le conoscenze teoriche per analizzare e interpretare i dati sperimentali per l'esplorazione dei giacimenti minerari e per la caratterizzazione tecnica di minerali metallici e industriali.

Autonomia di giudizio

Al termine del corso, gli studenti saranno in grado di valutare criticamente i modelli teorici e i risultati sperimentali riguardanti le caratteristiche e le proprietà dei minerali metallici e dei minerali industriali.

Abilità comunicative

Gli studenti acquisiscono il vocabolario tecnico necessario per descrivere i giacimenti minerari e i processi genetici associati, e saranno in grado di comunicare efficacemente concetti complessi relativi ai processi di formazione dei minerali. Durante il corso, gli studenti saranno inoltre incoraggiati a praticare la comunicazione scientifica.

attraverso la lettura di articoli scientifici.

Capacità di apprendimento

Il corso si propone di fornire agli studenti un metodo scientifico solido e flessibile che consenta loro di affrontare lo studio dei giacimenti minerali e dei materiali geologici di interesse industriale in modo autonomo e critico. Le competenze acquisite saranno inoltre trasferibili ad altri ambiti scientifici, tecnici e professionali, come la ricerca di giacimenti minerali, la caratterizzazione tecnica dei materiali e l'interpretazione dei dati ambientali.

Contenuti sintetici

- Minerali metalliferi e industriali, concetto di giacimento minerario, tenore, tonnellaggio e Clarke (tenore medio della crosta terrestre).
- Estrazione e lavorazione dei minerali metallici e industriali, trattamento dei minerali, problemi ambientali correlati (ad es. AMD – drenaggio acido da miniera), rifiuti minerali.
- Minerali energetici: petrolio, gas, carbone, uranio, energia geotermica.
- Cave e miniere, legislazione nazionale e internazionale. Tecniche di estrazione a cielo aperto e sotterranea.
- Tecniche di estrazione a cielo aperto e sotterranea.
- Evoluzione della crosta terrestre dall'Archeano al Fanerozoico, principali eventi metallogenici.
- Risorse e riserve minerarie, prospezione geochimica e geofisica dei minerali, carotaggio, esempi.
- Metalli critici, minerali per l'edilizia, minerali energetici e minerali industriali: concetti chiave, definizioni e terminologia.
- Rimarremo senza minerali? Considerazioni su domanda e offerta.
- Il concetto di criticità: valutazione e implicazioni della criticità per le politiche aziendali e governative.
- L'industria mineraria e l'approvvigionamento di minerali critici: fornitori di minerali, società minerarie e di prospezione, dinamiche del settore.
- Vincoli alla risposta dell'offerta di minerali: naturali, economici e istituzionali, e il ruolo della Cina.

Programma esteso

Minerali metallici e minerali industriali

- Giacimenti minerali.
- Minerali metallici (o minerali utili).
- Ganga, tonnellaggio, tenore, tout-venant, Clarke e Clarke di concentrazione.
- Prezzi dei minerali e dei metalli, classificazione commerciale.
- Metalli "critici": REE (terre rare) e PGE (elementi del gruppo del platino).
- Importazione ed esportazione di materie prime, produzione italiana ed europea.
- Recupero e sottoprodotti.
- Forma mineralogica dei metalli.
- Sostanze indesiderate.

- Processi di fusione e arricchimento dei minerali (mineralurgia).
- Problematiche ambientali.
- Rifiuti minerari.
- Sterili di scavo e scarti di lavorazione (tailings).
- Bonifica ambientale.
- Classificazione normativa delle materie prime: materiali di I e II categoria, cave e miniere.

Minerali energetici: petrolio, gas, carbone, uranio, energia geotermica.

- Concetto di EROEI (energia restituita su energia investita).
- Fattore di capacità.
- Criticità delle energie rinnovabili.

Evoluzione della crosta terrestre, dall'Archeano all'eone Fanerozoico

Natura e morfologia dei corpi minerari.

- Singenesi ed epigenesi.
- Corpi minerari discordanti e concordanti.
- Corpi tabulari (filoni e vene).
- Corpi tubolari (pipe e mantos).
- Disseminazioni, stockwork, sostituzione (es. skarn), corpi stratiformi e stratabound.
- Principali tipi di rocce ospiti e relazioni con i corpi minerari.
- Texture e microstrutture dei minerali utili e della ganga, attitudine all'arricchimento e alla lavorazione dei minerali.

Classificazione genetica dei giacimenti minerari

- Giacimenti magmatici: cristallizzazione magmatica (es. diamanti nelle kimberliti, cromiti in complessi basici stratificati, feldspati nelle pegmatiti).
- Giacimenti idrotermali: origine dei fluidi idrotermali, leganti, trasporto, deposizione.
- Giacimenti di uranio.
- Giacimenti legati a processi metamorfici.
- Giacimenti legati a processi sedimentari, BIF (formazioni ferriferre a bande), placer (depositi alluvionali), evaporiti.

- Giacimenti legati alla degradazione meteorica: lateriti, bauxiti.
- Arricchimento supergenico.

Risorse e riserve minerarie; prospezione mineraria

- Rilevamenti geologici.
- Telerilevamento.
- Geochimica.
- Carotaggi geofisici.
- Elaborazione statistica dei dati.

Nuove fonti per le materie prime critiche

- Rifiuti minerali e code di lavorazione: da rifiuto a risorsa.
- Discariche e "urban mining" (estrazione urbana).
- Esempi di nuovi approcci nell'esplorazione delle materie prime.

Aspetti ambientali delle materie prime critiche: sono davvero "green"?

- LCA (valutazione del ciclo di vita) per le materie prime critiche e potenziale di riciclo: il riciclo è davvero praticabile?
- Risolvere la dialettica tra "green" e "greenwashing": una definizione accurata di "sostenibilità" e "economia circolare".
- Esempi dall'industria mineraria e estrattiva (cave e miniere) in Italia e in Europa.

Prerequisiti

- Conoscenze di base di chimica inorganica.
- Nozioni di base di geologia.

Modalità didattica

6 CFU di lezioni teoriche in aula (48 ore):

- 16 lezioni frontali di due ore ciascuna, in presenza, con didattica frontale;
- 8 lezioni frontali di due ore ciascuna, online, dedicate alla lettura e alla discussione di articoli scientifici e casi di studio, con didattica mista e seminari.

Si raccomanda vivamente la partecipazione alle lezioni e alle esercitazioni interattive.

Materiale didattico

- Arndt & Ganino (2012) - Metals and Society. An introduction to Economic Geology. Springer, 160 pp.
- Kesler & Simon (2015) - Mineral resources, economics and the environment (II edition). Cambridge University Press, 434 pp.
- Gunn (2014) - Critical metals handbook. AGU Wiley, 439 pp.
- Slides.
- Notes shown during lectures and additional material on selected topics, *i.e.*, scientific articles, made available on the e-learning website of the course.

Periodo di erogazione dell'insegnamento

Il semestre (marzo - giugno)

Modalità di verifica del profitto e valutazione

Prova scritta preliminare, composta da 15 domande a scelta multipla; ogni risposta corretta vale due punti e gli studenti devono superare la prova con un punteggio minimo di 18/30 per poter accedere alla successiva prova orale.

L'esame orale consiste nella discussione di vari argomenti trattati nel modulo, considerati nella complessità dell'intero corso, con particolare attenzione anche alle connessioni tra concetti e processi, in modo da giungere a una valutazione critica del lavoro dal punto di vista della sostenibilità nel settore minerario nel suo complesso.

Per gli studenti che hanno assiduamente frequentato le lezioni, la prova orale può essere sostituita da una presentazione su un argomento specifico (da concordare col docente) che verrà pubblicamente esposto in aula (durata 30 minuti).

Il voto finale sarà compreso tra 18/30 e 30/30 *cum laude*, sulla base di una valutazione complessiva che terrà conto dei seguenti criteri:

- (1) conoscenza e comprensione;
- (2) capacità di collegare concetti diversi;
- (3) autonomia di analisi e di giudizio;
- (4) capacità di utilizzare correttamente il linguaggio scientifico.

Orario di ricevimento

Su appuntamento per telefono o e-mail.

Sustainable Development Goals

ISTRUZIONE DI QUALITÀ | IMPRESE, INNOVAZIONE E INFRASTRUTTURE | CITTÀ E COMUNITÀ
SOSTENIBILI | CONSUMO E PRODUZIONE RESPONSABILI
