

**PIANO FORMATIVO**
**Master internazionale di Secondo livello in**
**CO2 Geological Storage**

<b>1</b>	<b>Anno accademico</b>	2022-2023
<b>2</b>	<b>Direttore</b>	Prof. Sabina Bigi
<b>3</b>	<b>Consiglio Didattico Scientifico<sup>1</sup></b>	Prof. E. Carminati Prof. S. Bigi Prof. M. Cercato Prof. Maurizio Del Monte Prof. M. Battaglia Prof. Bruno Saftić (Zagreb University) Prof. Domagoj Vulin (Zagreb University) Prof. Iva Kolenković Močilac (Zagreb University) Prof. Marko Cvetković (Zagreb University)
<b>4</b>	<b>Delibera di attivazione in Dipartimento</b>	17/03/2021
<b>5</b>	<b>Data di inizio delle lezioni</b>	01/02/2023
<b>6</b>	<b>Calendario didattico<sup>2</sup></b>	9.00 – 12.00 dal Lun/Ven
<b>7</b>	<b>Eventuali partner convenzionati<sup>3</sup></b>	University of Zagreb, Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering CO2Geonet ( <a href="http://www.co2geonet.com">http://www.co2geonet.com</a> )
<b>8</b>	<b>Requisiti di accesso<sup>4</sup></b>	5 anni (3+2) in accordo con il sistema di formazione Europeo classi di laurea in scienze della Terra e Ingegneria
<b>9</b>	<b>Prova di selezione</b>	Non prevista (selezione per titoli)
<b>10</b>	<b>Sede attività didattica</b>	Università di Roma e Università di Zagabria (Croazia)
<b>11</b>	<b>Stage</b>	Sono previsti due stage uno in sede e l'altro presso un istituto di ricerca europeo partner del CO2Geonet (University of Zagreb, Croatia Norce, Norvegia; GEUS, Danimarca; HWU, Heriot Watt University Scotland; TalTech Technical University of Tallinn, Estonia)

<sup>1</sup> Indicare i nominativi di tutti i docenti Sapienza titolari di attività formative menzionati nel Piano Formativo (minimo 5)

<sup>2</sup> Indicare giorni della settimana (esempio: venerdì-sabato, oppure un fine settimana al mese, etc) e (se noti) orari delle lezioni

<sup>3</sup> Le collaborazioni qui menzionate devono essere regolate da accordi perfezionati in Dipartimento

<sup>4</sup> Indicare le classi di laurea cui appartengono i titoli richiesti per l'accesso al Master, di cui Appendice 2



<b>12</b>	<b>Modalità di erogazione della didattica</b>	mista
<b>13</b>	<b>Finanziamenti esterni, esenzioni, agevolazioni o riduzioni di quota<sup>5</sup></b>	n.d. Le spese di mobilità dei professori possono essere coperte dal CO2Geonet
<b>14</b>	<b>Contatti Segreteria didattica<sup>6</sup></b>	<b>Indirizzo</b> Alessandra CONGIU <b>Telefono</b> Telefono (+39) 06 49914803 Fax: (+39) 06 49914787 <b>e-mail</b> alessandra.congiu@uniroma1.it

---

<sup>5</sup> Indicare esenzioni o riduzioni o finanziamenti disponibili, allegando eventuale lettera di intenti o documentazione pertinente (fatta salva la quota a bilancio di Ateneo del 30%)

<sup>6</sup> La Segreteria didattica deve essere collocata presso il Dipartimento di riferimento.

### Piano delle Attività Formative

Il Piano formativo è redatto considerando che le attività didattiche frontali e le altre forme di studio guidato o di didattica interattiva devono essere erogate per una durata non inferiore a 300 ore distribuite, di norma, nell'arco di almeno 6 mesi.

Il Piano formativo può prevedere che il Master sia erogato in tutto o in parte utilizzando forme di didattica a distanza o in lingua diversa dall'italiano.

Il numero minimo di Cfu assegnabile ad una attività è 1 e non è consentito attribuire Cfu alle sole ore di studio individuale.

In caso di attività (moduli) che prevedano più Settori Scientifici Disciplinari sono indicati dettagliatamente il numero di Cfu per ognuno di essi.

Denominazione attività formativa	Obiettivi formativi	Docente <sup>7</sup>	Settore scientifico disciplinare (SSD)	CFU	Tipologia	Verifica di profitto (Se prevista, e modalità)
Modulo 0: Introduction to petroleum geology (optional for students from other titles)	Introdurre ai concetti principali della Geologia di esplorazione (per ingegneri chimici e di reservoir)	Da definire	Geo (tutti)	2	Lezioni a distanza	Non prevista test
Modulo I: - Introduction to CO <sub>2</sub> geological storage - Social aspect	This is an introductory module about all the topic that will be considered in the master and deals with all the aspect of the CO <sub>2</sub> storage, the role of GCS and its potentiality to solve the climate change problems, the basic knowledge about the social impact of this technology.	S. Bigi	<b>Geo/03</b>	3	Lezioni frontali	Prevista test

<sup>7</sup> Inserire solo docenti Sapienza in servizio (no quiescenza, no anno sabbatico, no trasferimento). Per tutti gli altri inserire "docente da definire". Si ricorda che i docenti qui indicati devono corrispondere ai nominativi presenti nel CdS di cui al punto 3.

Modulo II: CO2 Capture and transport. Present day industrial utilization of CO2	Il modulo riguarda le altre tecnologie che sono legate allo stoccaggio geologico della CO2, ovvero il trasporto e la cattura. Verranno illustrati i differenti processi industriali di cattura, valutandone vantaggi e svantaggi, nonché il miglior campo di applicazione (cementi, idrocarburi, ecc.). Verranno illustrati alcune esempi di processi attualmente in uso nell'industria.	Dott. A. Pettinau (Sotacarbo)	ING-IND 24,25	3	Lezioni frontali	Prevista test
Modulo III: Introduction to exploration geophysics	Il modulo introduce le basi della interpretazione sismica, con particolare riguardo alla caratterizzazione del sito e alla valutazione del potenziale del sito.	Dott.ssa A. Conti	GEO03 e GEO10	2 e 1	Lezioni frontali	Prevista test
Modulo IV: CO2 geological storage options - geology and geochemistry (Tipologie di stoccaggio geologico – geologia e geochimica)	Il modulo fornisce una panoramica dei tipi di reservoir da un punto di vista geochimico - mineralogico, delle relative modalità di intrappolamento e del potenziale volume utilizzabile. Verranno discusse le proprietà fisiche della CO2 in condizioni di stoccaggio (supercritiche) che influenzano lo stoccaggio stesso, e saranno descritti i processi geochimici che influenzano il comportamento	Dott. Stan Beaubien	Geo/03 Geo/06 Geo/08	1 per ogni SSD	Lezioni frontali	Prevista test

	della CO <sub>2</sub> a lungo termine nel reservoir stesso.					
Modulo V - Introduction to reservoir engineering (Introduzione all'ingegneria di reservoir)	Il modulo fornirà agli studenti le conoscenze di base dei meccanismi di flusso multifase e dei parametri che possono aiutare nella caratterizzazione del flusso nelle rocce porose. Verranno illustrati i principi fondamentali della descrizione dei fluidi PVT (salamoia, gas, olio), con particolare attenzione al comportamento di fase relativo a sistemi con un elevato contenuto di CO <sub>2</sub> . Saranno presi in considerazione i calcoli relativi all'iniezione (sia miscibili che immiscibili) e ai principi fondamentali della sorveglianza dei dati sui giacimenti.	Prof. Domagoj Vulin Prof. Iva K. Močilac (Zagheb University)	GEO 03 ING-IND 30	2, 1	Lezioni frontali	Prevista test
<b>Module VI - Storage site selection and capacity estimates (Selezione dei siti di stoccaggio e stima della capacità)</b>	Il modulo illustra i differenti approcci nella stima del potenziale di stoccaggio di CO <sub>2</sub> durante la valutazione del bacino e della capacità di stoccaggio di CO <sub>2</sub> di un sito sulla base dello screening del sito e della caratterizzazione. Il corso si concentra sulla spiegazione dei diversi problemi che sorgono quando si valuta il potenziale di	Bruno Saftic, (Zagheb University)	<b>Geo/03</b>	<b>3</b>	Lezioni frontali,	Prevista test

	<p>stoccaggio di CO<sub>2</sub> o capacità di stoccaggio di diversi tipi di reservoir (acquiferi salini profondi, giacimenti di idrocarburi esauriti, giacimenti di carbone, caverne di sale). Inoltre, vengono descritte le procedure di caratterizzazione dettagliata delle rocce del serbatoio e delle rocce di copertura.</p>					
<p><b>Module 7 - Numerical modelling of CO<sub>2</sub> storage (Modellazione numerica dello stoccaggio di CO<sub>2</sub>)</b></p>	<p>Questo modulo introduce gli studenti alla modellazione numerica, tra cui una descrizione di come sono costruiti i modelli seguito da un focus sulla simulazione del flusso. Il corso rafforza la teoria appresa nel modulo di ingegneria del reservoir (5), che è essenziale per garantire che gli studenti possano imparare come impostare le simulazioni e come interpretare i risultati.</p>	<p>Gillian Pickup, (Heriot Watt University, Edinburgh, Scotland)</p>	<p><b>Geo/03 ING-IND 30</b></p>	<p><b>1, 2</b></p>	<p>Lezioni frontali</p>	<p>Prevista test</p>
<p><b>Module 8 - EOR with CO<sub>2</sub></b></p>	<p>Il modulo fornirà agli studenti approfondimenti sui meccanismi e sui metodi di valutazione per Enhanced Oil Recovery (EOR) e per migliorare i processi relativi allo sfruttamento delle risorse sotterranee in generale. L'accento sarà posto sui processi che coinvolgono</p>	<p>Prof. Domagoj Vulin Prof. I.K. Močilac (Zagreb University)</p>	<p><b>Geo/03 – ING-IND 30</b></p>	<p><b>1, 2</b></p>	<p>Lezioni frontali</p>	<p>Prevista test</p>

	l'iniezione di CO <sub>2</sub> o la riduzione delle emissioni di CO <sub>2</sub> .					
<b>Module 9 - StorageRisks</b>	<p>Il modulo introdurrà la valutazione del rischio per lo stoccaggio geologico di CO<sub>2</sub> per prevenirne qualsiasi perdita. Il corso si concentra sulla valutazione del rischio; questo è un processo iterativo che deve essere fatto in ogni fase di un progetto di stoccaggio, dalla selezione, caratterizzazione e studio di riferimento fino alle fasi di chiusura del sito, post chiusura e trasferimento definitivo di responsabilità da operatore allo Stato. Questa valutazione è la base per la progettazione di un buon piano di monitoraggio e un piano efficace per la prevenzione e la correzione in caso di perdita. La valutazione dei rischi e il piano di monitoraggio sono aggiornati quando necessario, in particolare in caso di comportamento anomalo o nelle fasi di chiusura e post chiusura. L'attenzione sarà anche sull'obbligo di valutare i rischi e i sistemi di mitigazione associati alla tecnologia CCS.</p>	Niels Poulsen GEUS, Geological Survey of Denmark and Greenland	<b>Geo/03</b>	<b>2</b>	Lezioni frontali	Prevista test

<b>Module 10 - Geophysical monitoring (Monitoraggio geofisico)</b>	Il modulo introduce i principi fisici delle tecniche geofisiche applicate allo stoccaggio di CO <sub>2</sub> . Il corso si concentra sulla spiegazione dei metodi geoelettrico, elettromagnetico e sismico applicati alla valutazione del potenziale delle formazioni geologiche per lo stoccaggio di CO <sub>2</sub> , e per monitorare il processo di stoccaggio di CO <sub>2</sub> .	Prof. M. Cercato	<b>Geo/11</b>	<b>5</b>	Lezioni frontali	Prevista test
<b>Module 11 - Geochemical monitoring</b>	Questo modulo introdurrà una vasta gamma di tecniche di monitoraggio geochimico a scala regionale e locale, utilizzate per monitorare i siti CCS	Dott. S. Beaubien	<b>Geo/08</b>	<b>3</b>	Lezioni frontali	Prevista test
<b>Module 12 - Drilling and wells (Perforazioni e pozzi)</b>	Il modulo è un corso introduttivo alla perforazione e ai pozzi. Gli argomenti trattati includeranno attrezzature di perforazione, controllo dei pozzi, collaudo, completamento e miglioramento della permeabilità.	Da definire	<b>ING-IND 30</b>	<b>2</b>	Lezioni frontali	Prevista test
<b>Module 13 - Economic and Regulatory aspects of CCS technology</b>	Il corso fornisce una panoramica delle basi degli aspetti normativi, economici e sociali della tecnologia di cattura e stoccaggio del carbonio (CCS). Il CCS è considerato uno strumento importante nella riduzione delle	Prof. Alla Shogenova Tallinn University, Estonia	<b>ING-IND 35</b>	<b>1</b>	Lezioni frontali	Prevista test



	emissioni globali di anidride carbonica, quindi in grado di ridurre l'impatto del genere umano sui					
<b>Module 14 – CCUS and cross-cutting issues</b>	Il modulo introdurrà diverse opzioni di utilizzo della CO2 catturata, compresa una breve panoramica di tutte le possibili opzioni di utilizzo della CO2, compreso l'uso di CO2 per il recupero potenziato delle risorse (energia geotermica, recupero di metano da strati di carbone, "shale gas", acqua) e utilizzo di CO2 per la produzione di idrocarburi. Verranno introdotti il concetto di Bio-CCS e le emissioni negative, comprese le emissioni di gas serra dirette e indirette, le tecnologie Bio-CCS, le loro sfide e vantaggi e l'attuazione di progetti Bio- CCS. Il modulo tratterà inoltre: la carbonatazione minerale di CO2, la comparazione tra le tecnologie di stoccaggio geologico e di carbonatazione minerale, lo stoccaggio di CO2 nei basalti, la sinergia di CGS con il recupero di energia geotermica, stoccaggio di energia e recupero di acqua, vantaggi della sinergia tra CCS ed energie rinnovabili, ruolo delle industrie di cemento nella produzione di CO2.	Prof. Alla Shogenova, Tallinn University, Estonia	<b>Geo/03 Geo/08</b>	<b>3</b>	Lezioni frontali	Prevista test

<b>Tirocinio1</b>	<i>lavoro di gruppo (5 gruppi di 2 studenti) questa settimana sarà organizzata con un lavoro attivo degli studenti, che saranno divisi in gruppi e dovranno condurre unapiccola ricerca in modo indipendente. Il database di partenza sarà lo stesso per tutti i gruppi. Il risultato sarà una interpretazione geologica e la valutazione del potenziale di stoccaggio dell'area in esame.</i>	SSD non richiesto	3	Strutture Sapienza
<b>Prova finale</b>	<i>Valutazione totale e assegnazione sede per il project work. Gli studenti saranno valutati in base ai punteggi ottenuti durante il corso e saranno loro assegnate le sedi per lo svolgimento dello stage in funzione della valutazione, tenendopresente gli interessi degli stessi e delle attività offerte delle diverse sedi.</i>	SSD non richiesto	15	<i>Project work, con relazione finale e presentazione da discutere davanti alla commissione/consiglio scientifico consistente nella presentazione e discussione dei risultati del lavoro svolto nel tirocinio</i>
<b>TOTALE CFU</b>			<b>60</b>	