



<b>Insegnamento</b>	<b>Tecnologie Energetiche Sostenibili</b>
<b>Livello e corso di studio</b>	Laurea Magistrale in Ingegneria Meccanica
<b>Settore scientifico disciplinare (SSD)</b>	ING/IND-09
<b>Anno di corso</b>	1
<b>Numero totale di crediti</b>	9
<b>Propedeuticità</b>	Nessuna
<b>Docente</b>	Raffaello Cozzolino Corso di Studi Ingegneria Meccanica Magistrale Nickname: cozzolino.raffaello Email: raffaello.cozzolino@unicusano.it Orario di ricevimento: Consultare il calendario alla pagina seguente del nostro sito verificando gli orari di Videoconferenza <a href="http://www.unicusano.it/calendario-lezioni-in-presenza/calendario-area-ingegneristica">http://www.unicusano.it/calendario-lezioni-in-presenza/calendario-area-ingegneristica</a>
<b>Presentazione</b>	Il corso si propone di illustrare criticamente le possibilità di sviluppo dei sistemi di conversione dell'energia in grado di assicurare lo "sviluppo sostenibile", mediante l'impiego di fonti rinnovabili e il miglioramento dell'efficienza energetica e della compatibilità ambientale dei sistemi di conversione di energia primaria innovativi ed avanzati per impieghi residenziali, civili ed industriali. Verranno analizzate le tecnologie "zero emission" o "near-zero emission" utilizzabili per la conversione dell'energia da fonti fossili; le tecnologie di conversione dell'energia da fonti rinnovabili, discutendone le potenzialità e le problematiche tecniche ed economiche di progetto e di gestione; le potenzialità dell'idrogeno come vettore energetico.
<b>Obiettivi formativi</b>	Il corso di Tecnologie energetiche sostenibili ha i seguenti obiettivi formativi: <ol style="list-style-type: none"><li>1. Illustrare l'analisi degli impianti a fonte rinnovabile, solare, eolico, idroelettrico</li><li>2. Illustrare l'analisi delle tecnologie per l'uso pulito del carbone</li><li>3. Illustrare l'analisi delle tecnologie per la cattura e stoccaggio della CO<sub>2</sub></li><li>4. Illustrare l'analisi delle tecnologie a idrogeno e della cogenerazione</li><li>5. Illustrare l'implementazione del software Homer Energy per lo studio delle piattaforme di poligenerazione</li></ol>
<b>Prerequisiti</b>	Conoscenza di base dei sistemi energetici e delle macchine a fluido.



## Risultati di apprendimento attesi

### **Conoscenza e capacità di comprensione**

Lo studente al termine del Corso avrà dimostrato di conoscere gli argomenti di sistemi energetici a fonte rinnovabile e innovativi, e avrà acquisito la capacità di analisi degli stessi. Lo studente acquisirà la conoscenza del funzionamento dei principali sistemi di produzione dell'idrogeno da fonte fossile: steam reforming, autothermal reforming, partial oxidation. Acquisirà la conoscenza e l'analisi dei sistemi di gassificazione integrati con cicli combinati, le celle a combustibile ed i sistemi per la cattura e lo stoccaggio della CO<sub>2</sub>. Inoltre, tramite le Etivity gli studenti acquisiranno la capacità di formulare problemi numerici e modelli di simulazione all'interno del software Homer Energy.

### **Applicazione delle conoscenze**

Lo studente sarà in grado di utilizzare la conoscenza dei sistemi energetici innovativi di conversione dell'energia per l'analisi e l'ottimizzazione degli stessi; sarà inoltre in grado di risolvere problemi numerici e modelli di simulazione di piattaforme di poligenerazione basate su fonti fossili e alternative. Le Etivity prevedono l'applicazione delle conoscenze teoriche a problemi di ottimizzazione da risolvere con l'ausilio di software Homer Energy.

### **Capacità di trarre conclusioni**

Lo studente sarà in grado tramite le Etivity di eseguire analisi tecniche di sistemi energetici singoli e integrati, acquisendo la capacità di confrontare differenti soluzioni impiantistiche.

### **Abilità comunicative**

Lo studente sarà in grado tramite le Etivity di descrivere e sostenere conversazioni su soluzioni impiantistiche energetiche innovative ed avanzate, individuando correttamente i punti di ottimizzazione e miglioramento delle performance, e adoperando una terminologia adeguata.

### **Capacità di apprendere**

Lo studente al termine del Corso avrà conoscenza delle nozioni fondamentali necessarie per l'analisi di sistemi energetici innovativi ed avanzati. Tutto ciò gli consentirà di terminare gli studi ingegneristici con maggiore maturità scientifica e gli fornirà le basi per poter apprendere quanto gli verrà proposto negli anni successivi al conseguimento della laurea magistrale ed in particolare nell'inserimento del mondo lavorativo.

## Organizzazione dell'insegnamento

Il corso è sviluppato attraverso le **lezioni preregistrate audio-video** che compongono, insieme a slide e dispense, i materiali di studio disponibili in piattaforma.

Sono poi proposti dei **test di autovalutazione**, di tipo asincrono, che corredano le lezioni preregistrate e consentono agli studenti di accertare sia la comprensione, sia il grado di conoscenza acquisita dei contenuti di ognuna delle lezioni.

La **didattica interattiva** è svolta nel forum della "classe virtuale" e comprende **4 Etivity** che applicano le conoscenze acquisite nelle lezioni di teoria, in particolare due Etivity di calcolo numerico e due modelli di



	<p>piattaforme di poligenerazione sviluppati con il software Homer Energy dallo studente.</p> <p>In particolare, il Corso di Tecnologie energetiche sostenibili prevede 9 Crediti formativi. Il carico totale di studio per questo modulo d'insegnamento è pari a 215 ore così suddivise:</p> <p><b>circa 112 ore</b> per la visualizzazione e lo studio del materiale videoregistrato (16 Ore videoregistrate di Teoria).</p> <p><b>circa 98 ore di Didattica Interattiva</b> per l'elaborazione e la consegna di 4 Etivity e l'approccio con il software di progettazione Homer Energy.</p> <p><b>circa 5 ore di Didattica Interattiva</b> per l'esecuzione dei test di autovalutazione.</p> <p>Si consiglia di distribuire lo studio della materia uniformemente in un periodo di 11 settimane dedicando tra le 20 alle 30 ore di studio a settimana</p>
<b>Contenuti del corso</b>	<p><b>MODULO 0: PROBLEMA ENERGETICO</b> (3 lezioni di teoria videoregistrate per un impegno di 10,5 ore - 1 test autovalutazione per un impegno di 0,5 ore - settimana 1) dove sono affrontati i seguenti argomenti:</p> <p>Il problema energetico: le fonti energetiche convenzionali e rinnovabili, sviluppo sostenibile, scenario italiano.</p> <p><b>MODULO 1: L'ENERGIA SOLARE</b> (4 lezioni di teoria videoregistrate per un impegno di 14 ore - 1 test autovalutazione per un impegno di 0,5 ore - settimana 2) dove sono affrontati i seguenti argomenti:</p> <p>L'energia solare: Considerazioni generali, Calcolo della radiazione solare incidente sulla terra, Effetto dell'atmosfera sulla radiazione al suolo, Calcolo della radiazione superficie piana e fissa, Impianti solare termodinamico, Impianti fotovoltaici.</p> <p><b>Etivity 1</b> – Calcolo della radiazione solare (per un impegno di 15 ore - settimana 2)</p> <p><b>MODULO 2: L'ENERGIA EOLICA</b> (3 lezioni di teoria videoregistrate per un impegno di 10,5 ore - 1 test autovalutazione per un impegno di 0,5 ore - settimana 3) dove sono affrontati i seguenti argomenti:</p> <p>L'energia eolica: L'energia del vento, La misura della velocità del vento, Variazione e distribuzione della velocità del vento, Calcolo potenza ed energia prodotta, Rendimento di schiera, Caratteristiche delle turbine eoliche, Campi di applicazioni</p> <p><b>MODULO 3: L'ENERGIA IDROELETTRICA</b> (3 lezioni di teoria videoregistrate per un impegno di 10,5 ore - 1 test autovalutazione per un impegno di 0,5 ore - settimana 4) dove sono affrontati i seguenti argomenti:</p> <p>L'energia idroelettrica: L'energia idraulica, Salto geodetico, salto motore totale e utile, Potenza netta degli impianti, Classificazione degli impianti,</p>



Elementi costruttivi, Valutazione delle risorse idrauliche, Diagramma delle portate, Idrogramma delle durate, Dimensionamento dell'impianto, Le turbine idrauliche

**MODULO 4: PRODUZIONE DI IDROGENO** (4 lezioni di teoria videoregistrate per un impegno di 14 ore - 1 test autovalutazione per un impegno di 0,5 ore - settimana 5) dove sono affrontati i seguenti argomenti:

Produzione di idrogeno: Sistemi di reforming, Steam reforming, Ossidazione parziale, Autotermico, Parametri di funzionamento, Caso studio, Deposizione del carbonio, Influenza dei parametri operativi, Influenza dei parametri indiretti, Efficienza dell'unità di reforming

**Etivity 2** – Caso studio sul processo di steam reforming (per un impegno di 20 ore – settimana 5)

**MODULO 5: GASSIFICAZIONE INTEGRATA CON CICLO COMBINATO** (3 lezioni di teoria videoregistrate per un impegno di 10,5 ore - 3 test autovalutazione per un impegno di 1,5 ore - settimana 6) dove sono affrontati i seguenti argomenti:

Impiego "pulito" del carbone: Gassificazione del carbone e relative tecnologie, Gassificatore a letto fisso, gassificassero a letto fluido, gassificassero a letto trascinato, Syngas cooler, Tecnologie di depurazione, Impianti IGCC.

**MODULO 6: PRODUZIONE DI IDROGENO VERDE** (2 lezioni di teoria videoregistrate per un impegno di 14 ore - 1 test autovalutazione per un impegno di 0,5 ore - settimana 7) dove sono affrontati i seguenti argomenti:

Produzione di Idrogeno verde: Elettrolisi dell'acqua, Curva di polarizzazione, Perdite ed efficienze, Tipologie di Elettrolizzatori, Elettrolizzatore AWE, Elettrolizzatore PEM, Elettrolizzatore SOE, Capex & OPEX, Manifatturiera, Applicazioni.

**MODULO 7: CATTURA E SEQUESTRO DELLA CO2** (3 lezioni di teoria videoregistrate per un impegno di 10,5 ore - 1 test autovalutazione per un impegno di 0,5 ore - settimana 8) dove sono affrontati i seguenti argomenti:

Cattura e sequestro CO2: Sistemi e tecnologie CCS, Cattura della CO2 a valle della combustione, Cattura della CO2 a monte della combustione, Combustione con ossigeno, Separazione e cattura della CO2, Assorbimento chimico, Assorbimento fisico, Adsorbimento, Membrane, Trasporto e confinamento.



	<p><b>MODULO 8: CELLE A COMBUSTIBILE</b> (3 lezioni di teoria videoregistrate per un impegno di 10,5 ore - 1 test autovalutazione per un impegno di 0,5 ore - settimana 9) dove sono affrontati i seguenti argomenti:</p> <p>Le Celle a Combustibile: Considerazioni generali, Principio di funzionamento, Funzionamento reale e perdite, Classificazione e tipologie di celle, Prestazioni e campi di applicazione.</p> <p><b>MODULO 9: IMPIANTI DI POLIGENERAZIONE</b></p> <p>Introduzione e presentazione del software di progettazione Homer Energy (1 lezione di teoria videoregistrata per un impegno di 7 ore - settimana 9)</p> <p>Approccio e confidenza con il software di progettazione Homer Energy (13 ore di carico di studio - settimana 10)</p> <p><b>Etivity 3</b> – Modello di un impianto di poligenerazione integrato con la rete (25 ore di carico di studio - settimana 10)</p> <p><b>Etivity 4</b> – Modello di un impianto di poligenerazione ad isola (25 ore di carico di studio - settimana 11)</p>
<b>Materiali di studio</b>	<p><b>MATERIALI DIDATTICI A CURA DEL DOCENTE</b></p> <p><b>Testi consigliati:</b> - Tecnologie delle energie rinnovabili di Daniele Cocco, Chiara Palomba, Pierpaolo Puddu</p>
<b>Modalità di verifica dell'apprendimento</b>	<p>L'esame consiste nello svolgimento di una prova scritta tendente ad accertare le capacità di analisi e rielaborazione dei concetti acquisiti e di una serie di attività (Etivity) svolte durante il corso nelle classi virtuali. La prima Etivity vale 1 punto, la seconda 2 punti, la terza e la quarta 1.5 punti ciascuna, per tanto saranno valutate per un punteggio che va da 0 a 6 punti sul voto finale. La valutazione delle Etivity da 0 a 6 punti, è effettuata, in itinere, durante la durata del corso. Le Etivity, se svolte, devono essere consegnate obbligatoriamente prima dell'esame finale, qualora si decidesse di sostenere l'esame in esoneri è necessario consegnare la prima e la seconda Etivity per il primo esonero e la terza e la quarta Etivity per il secondo esonero.</p> <p>L'esame di profitto è valutato per i restanti punti da 0 a 24 e può essere effettuato in forma scritta sia presso la sede di Roma sia presso i poli didattici previa prenotazione da parte dello studente.</p> <p>La prova, indipendentemente che si tratti di appello in sede esterna o in sede centrale a Roma, è costituita da 3 quesiti di teoria a risposta aperta che possono riguardare l'intero programma svolto, ed un esercizio volto al calcolo del potere calorifico. Il consiglio che posso dare è di porre uguale</p>



	<p>attenzione a tutti i quesiti avendo questi tutti uguale votazione in sede di valutazione.</p> <p>La nuova modalità di svolgimento dell'esame prevede la seguente organizzazione (in vigore da Gennaio 2020). Lo studente può scegliere la modalità che preferisce al momento dell'esame senza comunicarlo preventivamente al docente.</p> <p>Le possibili modalità sono le seguenti:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- <b>Primo Esonero</b> (Moduli 1, 2, 3, 4) - Quesito 1 e 2</li><li>- <b>Secondo Esonero</b> (Moduli 5, 6, 7, 8) - Quesito 3 e 4</li><li>- <b>Esame completo</b> (tutti i Moduli) - Quesito 1, 2, 3, 4</li></ul> <p>Lo studente deve selezionare la scelta al momento dell'esame. In caso di assenza di spunta si considera come effettiva la modalità di svolgimento completa (composta da 4 domande). Resta inteso che lo studente può sostenere il secondo esonero solo dopo aver superato il primo (con una votazione di almeno 8/12 - La massima valutazione del primo esonero è pari a 12/12, la massima valutazione del secondo esonero è pari a 12/12). Il voto finale sarà quindi dato dalla somma dei voti dei singoli esoneri ed è possibile conseguire un massimo di 24 punti, al completamento dei due esoneri.</p> <p>I risultati di apprendimento attesi circa le conoscenze della materia e la capacità di applicarle sono valutate dalla prova scritta e dalle Etivity, mentre le abilità comunicative, la capacità di trarre conclusioni e la capacità di autoapprendimento sono valutate in itinere attraverso le sole Etivity.</p>
<b>Criteri per l'assegnazione dell'elaborato finale</b>	<p>L'assegnazione dell'<b>elaborato finale</b> avverrà sulla base di un colloquio con il docente in cui lo studente manifesterà i propri specifici <b>interessi</b> in relazione a qualche argomento che intende approfondire; non esistono <b>preclusioni</b> alla richiesta di assegnazione della tesi e non è prevista una <b>media particolare</b> per poterla richiedere.</p>