

## **TRANSIZIONE ENERGETICA E SOSTENIBILITÀ AMBIENTALE: COME SI PRODUCE ENERGIA OGGI E COME ARRIVARE A UN 2050 DECARBONIZZATO**

a cura del prof. Marco Binotti – Sistemi per l'Energia e l'Ambiente  
e della prof.ssa Isabella Nova – Chimica Industriale e Tecnologica

### **Descrizione del corso**

Obiettivo generale del corso è fornire una panoramica sulla **questione energetica** globale attuale, analizzando in particolare le interconnessioni tra energia, **ambiente** e **sviluppo sostenibile**, con uno sguardo al futuro del pianeta e al necessario traguardo della neutralità climatica. La transizione energetica che il mondo deve affrontare richiede di effettuare scelte tecnologiche che salvaguardino l'ambiente, la salute e la qualità della vita e, in generale, la **sostenibilità nel medio-lungo termine**, in modo da aumentare l'efficienza, la sicurezza, l'affidabilità delle fonti energetiche e ridurre l'impatto ambientale associato alla produzione di energia, con l'obiettivo di raggiungere la **neutralità climatica** nel 2050. Il corso si propone di fornire una conoscenza dei problemi energetici per quanto attiene la disponibilità, la potenzialità e l'economicità delle fonti energetiche primarie, suddivise in combustibili fossili, fonti rinnovabili ed energia nucleare. Il corso affronta, inoltre, i principi di funzionamento delle diverse tecnologie di **conversione dell'energia** per la produzione di **elettricità** e **calore**, e lo sviluppo delle tecnologie utilizzate per minimizzare il rilascio di **agenti inquinanti** nell'atmosfera.

### **Organizzazione**

Il corso è suddiviso in 4 moduli; durante ogni modulo gli studenti avranno accesso a diversi **materiali didattici online**, tra cui dispense, slide e approfondimenti. Gli studenti saranno in contatto costante con docenti e tutor del Politecnico. Inoltre, grazie a un **forum online** potranno lavorare insieme agli altri iscritti all'interno di una classe virtuale. È prevista infine anche la partecipazione a **webinar**, tenuti direttamente da un docente del corso. Alla fine dei 4 moduli, coloro che avranno completato tutti gli esercizi riceveranno un attestato di partecipazione e un badge digitale, da allegare al proprio CV.

### **Struttura del corso**

#### *Modulo 1 – Gli scenari energetici: da oggi al 2050:*

Il primo modulo mira a fornire le conoscenze di base relative alla **produzione di energia** e al suo **impatto** sull'ambiente. Dopo aver introdotto le definizioni di energia e di mix energetico, si passa a descrivere la **filiera** della produzione di energia, mettendo a fuoco anche le problematiche legate al mercato e ai principali impieghi e tipologie di consumo. Il modulo si sofferma poi sulla differenza tra fonti energetiche **rinnovabili** e **non rinnovabili**, specialmente in relazione al controllo dell'inquinamento locale e globale. Infine, vengono presentate le sfide principali della **decarbonizzazione**, con particolare attenzione per il ruolo dell'idrogeno e della conversione all'alimentazione elettrica (*electrification*).

#### *Modulo 2 – Metodi convenzionali per la produzione di energia:*

Questo modulo è dedicato ai principali metodi convenzionali per la produzione energetica. Dopo aver fornito alcuni rudimenti di **termodinamica**, necessari a comprendere il ciclo di vita dell'energia, si affronta il funzionamento delle **centrali termoelettriche**, basate sul consumo dei combustibili fossili. Vengono poi trattati più in dettaglio i principi alla base delle più importanti tipologie di **impianto**: il ciclo vapore-gas, i cicli combinati, il motore endotermico e la cogenerazione. Si descrive infine il funzionamento di una **centrale nucleare**.

### *Modulo 3 – Le energie rinnovabili:*

Il modulo è dedicato a una rassegna delle principali fonti di energia rinnovabili che – nell’ottica della **neutralità climatica** – acquistano un ruolo chiave nel soddisfare il fabbisogno mondiale di corrente elettrica. Vengono introdotte e commentate energia idroelettrica, solare termodinamico, combustione di biomasse (specie quelle ricavate dal recupero dei rifiuti), eolico, energia geotermica e quella ottenuta dal moto delle maree (energia mareomotrice).

### *Modulo 4 – Agenti inquinanti locali e globali:*

L’ultimo modulo è dedicato allo sviluppo di tecnologie volte a **salvaguardare l’ambiente** e a minimizzare le **emissioni** inquinanti. Si introducono i concetti di **inquinante locale** e di inquinante **globale** (come la CO<sub>2</sub>). In seguito, dopo una panoramica sulle attuali regolamentazioni a livello mondiale in materia di sostenibilità, vengono messe a fuoco alcune tecnologie per il controllo delle emissioni inquinanti legate ai processi di produzione e consumo dell’energia (ad esempio, gli inquinanti CO<sub>x</sub>, VOC, soot, SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>). Infine, si introduce la **cattura e sequestro del carbonio** (CCS), una tecnologia che permette di rimuovere la CO<sub>2</sub> prodotta negli impianti industriali e stoccarla nel sottosuolo, per preservare l’atmosfera.

### **Note biografiche**

**Marco Binotti** – Marco Binotti è ricercatore presso il dipartimento di Energia del Politecnico di Milano nel settore di Sistemi Energetici e Impatto ambientale. Col gruppo di Sistemi di Conversione dell’Energia (GECoS) si occupa principalmente di analisi tecno-economica e di simulazione di impianti solari a concentrazione, di energie rinnovabili e di sistemi avanzati per la conversione dell’energia. Ha partecipato a progetti europei sulla cattura della CO<sub>2</sub> (CAESAR), sulla produzione di idrogeno verde con reattori a membrane (BIONICO, MACBETH), su cicli di potenza avanzati a CO<sub>2</sub> supercritica (sCO<sub>2</sub>-Flex, COOLHEAT) ed a miscele di CO<sub>2</sub> (Scarabeus) e su sistemi di dissalazione accoppiati ad impianti solari a concentrazione (DESOLINATION). È autore di oltre quaranta pubblicazioni scientifiche per riviste internazionali e per conferenze.

**Isabella Nova** – Isabella Nova è professore ordinario di Chimica Industriale e Tecnologica presso il Dipartimento di Energia del Politecnico di Milano. Il suo lavoro di ricerca è focalizzato sulle tecnologie catalitiche per il controllo delle emissioni inquinanti da processi di combustione magra (Selective Catalytic Reduction of NO<sub>x</sub> by NH<sub>3</sub> e SDPF (SCR+Diesel Particulate Filter), NO<sub>x</sub> Storage-Reduction, sia per applicazioni mobili che fisse), e su nuovi processi foto-elettrochimici per la produzione di energia pulita, come la scissione dell’acqua in idrogeno e ossigeno e la conversione della CO<sub>2</sub> in combustibili e prodotti chimici. È coautrice di oltre 150 pubblicazioni su riviste nazionali e internazionali nell’ambito dell’Ingegneria Chimica. È attualmente Vicepreside della Scuola di Ingegneria Industriale e dell’Informazione e Presidente del Consiglio di Corso di Laurea in Ingegneria Chimica (Laurea e Laurea Magistrale) e di Ingegneria per la Prevenzione e Sicurezza per l’Industria di Processo (Laurea Magistrale) presso il Politecnico di Milano.