

Insegnamento: Impianti di trattamento degli effluenti inquinanti
Industrial Pollution Control Engineering

Docente	Prof. Ing. Umberto Arena
Anno	3° anno
Corso di studi	Corso di laurea in Scienze Ambientali
Tipologia	Attività affine o integrativa
Crediti	6
SSD	ING-IND/25 - Impianti e processi chimici
Anno Accademico	2017/2018
Periodo didattico	Secondo semestre
Propedeuticità	Chimica generale ed inorganica; Chimica Fisica
Frequenza	Obbligatoria
Modalità di esame	Prova scritta con esercitazioni numeriche e domande di teoria
Sede	Polo Scientifico, Via Vivaldi 43 – Caserta – DISTABIF

Organizzazione della didattica Lezioni frontali, esercitazioni

Obiettivi formativi Fornire un quadro d'assieme della problematica del trattamento degli effluenti da impianti industriali, con informazioni sui principali aspetti di processo e tecnologici da tenere presente nella scelta e dimensionamento del sistema di trattamento, e quindi, in particolare, principi di funzionamento, campi di utilizzo, variabili chiave e implicazioni economiche.
Fornire gli strumenti per sviluppare bilanci di materia e di energia su processi diversi: partendo dall'equazioni generali di bilancio fino alla soluzione di problemi calcolativi che simulano le principali condizioni di funzionamento dei processi di maggiore interesse.

The course aims to provide a general framework about the principles of the industrial pollution control engineering, with specific information on process and technological aspects necessary in the design of a pollution control system and on the main operating and process performance variables. The course provides the fundamental tools to develop material and energy balances on production processes, with a particular attention to air pollution control units.

Prerequisiti Conoscenze e abilità fornite dai corsi di Chimica generale ed inorganica e di Chimica Fisica

Knowledges and skills provided by the courses of General and Inorganic Chemistry and of Physical Chemistry

Contenuti del corso Elementi fondamentali dei bilanci di materia ed energia di processi chimici, partendo dalle equazioni generali di bilancio fino allo sviluppo di esempi calcolativi per processi di complessità crescente, con particolare attenzione agli aspetti di utilità per il trattamento degli effluenti da impianti industriali.
Sistemi di controllo delle emissioni gassose inquinanti, dai principi di funzionamento ai criteri di dimensionamento, sia per l'abbattimento di materiale particolato che di composti gassosi inquinanti.

Elementary principles of chemical processes, starting from the general equation of material and energy balances for non-reactive and reactive processes, with a particular focus on case studies related to air pollution control systems.
Working principles and design criteria of the main air pollution control technologies for gaseous streams, for particulate and gaseous pollutants removal.

Programma dettagliato 1. **Introduzione ai calcoli di bilancio.** Conversioni di unità di misura. Omogeneità dimensionale. Variabili di processo: massa e volume; portata; composizione chimica;

pressione; temperatura. Classificazione dei processi: discontinui, continui e semicontinui; a regime stazionario ed in transitorio.

2. **Bilanci di materia per impianti industriali.** L'equazione generale di bilancio; bilanci su processi continui in stato stazionario; bilanci su processi discontinui; bilanci su processi semicontinui. Calcoli di bilanci di materia sulle specie molecolari ed atomiche. Calcoli di bilanci di materia per processi con singole unità: diagrammi di flusso; basi di calcolo; analisi dei gradi di libertà; bilanciamento di un processo; procedura generale di calcolo. Calcoli di bilanci di materia per processi con unità multiple: procedura generale; riciclo e bypass; spurgo. Stechiometria delle reazioni chimiche: rapporto stechiometrico; reagenti limitanti ed in eccesso; conversione frazionaria ed estensione della reazione; equilibrio chimico; reazioni multiple, resa e selettività; reazioni di combustione (aria teorica ed eccesso d'aria; combustione di combustibili di composizione incognita). Sistemi a singola fase: densità di solidi e liquidi; gas ideali (equazione di stato; miscele di gas ideali); equazione di stato per gas non-ideali.
3. **Bilanci di energia per impianti industriali.** Forme di energia e prima legge della termodinamica; energia cinetica e potenziale; bilanci di energia su sistemi chiusi; bilanci di energia su sistemi aperti in stato stazionario (lavoro all'albero; proprietà specifiche ed entalpia); tabelle di dati termodinamici (stato di riferimento; proprietà di stato; tabelle del vapore). Procedure di bilancio di energia: bilancio di energia per processi a uno o più componenti. Bilanci di energia per processi non reattivi: cammini di processi ipotetici; cambi di pressione a temperatura costante; cambi di temperatura (calore sensibile e calori specifici); operazioni con cambio di fase (calori latenti). Bilanci di energia per processi reattivi: calori di reazione; calori di formazione; calori di combustione; procedura generale di calcolo; combustibili e combustione.
4. **Trattamento degli effluenti gassosi inquinanti.** Approccio al problema della pulizia di un gas. Cenni sulla normativa italiana. Caratterizzazione degli inquinanti: Polveri (classificazione e relazioni generali per diametro medio, densità, forma, distribuzioni granulometriche); Gas (classificazione e relazioni generali: equazione di stato, legge di Dalton).
5. **Sistemi di controllo delle emissioni gassose inquinanti.** Descrizione del principio di funzionamento e dei criteri di dimensionamento di: Separatori meccanici (separatori ad impatto e a gravità; cicloni e multicicloni); Filtri a manica (a scuotimento, a flusso inverso e a getti pulsanti); Precipitatori elettrostatici; Adsorbitori con carboni attivi; Assorbitori (a secco, semisecco e a umido); Post-combustori termici e catalitici (recuperativi e rigenerativi).

Attività di campo: Visita tecnica presso impianti di trattamento degli effluenti inquinanti di industrie di processo, che utilizzino sistemi di controllo analizzati nel corso.

Testi di riferimento	R.M. Felder e R.W. Rousseau (2000) Elementary Principles of Chemical Processes, J. Wiley C.D. Cooper e F.C. Alley (2002) Air Pollution Control: a Design Approach, Waveland Press Dispense e materiale didattico distribuito a lezione D.W. Green e R.H. Perry (2007) Perry's Chemical Engineers' Handbook. 8th edition. Mc Graw Hill
Curriculum docente	Umberto Arena, ingegnere chimico e dottore di ricerca in ingegneria chimica, è professore ordinario di Impianti Chimici. <u>ATTIVITÀ DIDATTICA IN ITALIA E ALL'ESTERO</u> E' titolare dei corsi di "Impianti di trattamento degli effluenti inquinanti" e di "Impianti di trattamento dei rifiuti solidi" nel Corso di Laurea in Scienze e Tecnologie per l'Ambiente e il Territorio e di "Impianti per l'industria farmaceutica" nel Corso di Laurea in Farmacia. Ha insegnato presso le Facoltà di Ingegneria del Politecnico di Torino, dell'Università di Perugia e dell'Università "Federico II" di Napoli. Ha svolto attività didattica all'estero, come visiting professor alla School of Mechanical Engineering della Tongji University di Shanghai (ottobre-novembre 2016) e tenendo lezioni presso Università straniere (come l'Universidad de Sevilla, nell'aprile 2015, la Tongji University di Shanghai, nell'ottobre 2015) o nell'ambito di scuole internazionali (come la Fecundus Summer School, Madrid, giugno 2012, la Winter School of The Energy from Biomass and Waste Symposium, Venezia, novembre 2012, la Waste Engineering Summer School, Albi, Francia, maggio 2016) e facendo parte di Commissioni per il titolo di

Ph.D. o di Eng.D. (presso: la Technical Univ. of Chalmers di Goteborg-Svezia per il titolo di Ph.D. in Chemical Engineering, nel 2012; la Univ. of Surrey di Guildford, Regno Unito, per il titolo di Eng.D. in Sustainable Engineering, nel 2013; la Technical Univ. of Wien per il titolo di Ph.D. in Energy Process, nel 2014; la North-West University-Sud Africa per il titolo di Ph.D. in Chemical Engineering, nel 2015; la Aalto University di Aalto, Finlandia, per il titolo di Ph.D. in Chemical Technology nel 2016).

ATTIVITÀ SCIENTIFICA NELLA COMUNITÀ INTERNAZIONALE

E' Associate Editor della rivista Waste Management (Elsevier), per cui ha curato anche alcuni numeri speciali. E' membro del Management Board dell'IWWG-International Waste Working Group, di cui è anche uno dei componenti dello Scientific Advisory Panel nonché il coordinatore internazionale del Task Group on Thermal Treatments.

E' stato chairman di alcune conferenze internazionali, quali Fluidization XI (Ischia, 2004); 21st Int. Conf. on Fluidized Bed Combustion (Napoli, 2011); LCA and other Assessment Tool for Waste Management and Resource Optimization (Cetraro, Italy, 2016)

E' revisore di numerose riviste scientifiche internazionali, tra le quali: Waste Management, Waste Management&Res., Fuel, Fuel Proc. Tech., J. of Industrial Ecology, Process Safety and Environmental Protection, Chem. Eng. Sci., The Chem. Eng. J., Canadian J. of Chem. Eng., Combustion Sci. and Tech., Polymer Degradation & Stability, Powder Tech., J. of Loss Prevention in the Process Ind., prevalentemente su tematiche di impiantistica ambientale e di sistemi di gestione di rifiuti.

ATTIVITÀ DI TRASFERIMENTO TECNOLOGICO VERSO ENTI E SOCIETÀ

E' membro di comitati nazionali e responsabile scientifico di convenzioni universitarie con diversi enti e società su temi della gestione rifiuti, dei trattamenti ambientali e dell'industria di processo. Tra gli altri ha collaborato o collabora con Fater, Conai, Sagit-Unilever, Sotacarbo, Chemtex, Cira, EcoBat, Asia.biz, Enitecnologie, Agip Carbone, Enichem Anic, Ansaldo Energia, Politecnico di Torino-DiSTA, Enea-Dipartimento Ambiente.

E' membro del Consiglio di Amministrazione della società pubblica consortile AMRA-Analisi e Monitoraggio del Rischio Ambientale, che ha come soci le 5 università campane, l'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia ed il Consiglio Nazionale delle Ricerche. All'interno di Amra coordina l'area del rischio ambientale da attività antropiche ed è responsabile dell'Unità di Produzione Energia e Gestione Rifiuti.

E' stato membro del Consiglio Scientifico di COMIECO, Consorzio Nazionale per il Recupero e Riciclo degli Imballaggi a base Cellulosica.

E' stato responsabile scientifico di convenzioni universitarie con diversi Enti Locali e con il Commissariato di Governo per l'Emergenza Rifiuti in Campania sulla pianificazione dei sistemi di gestione rifiuti e su problematiche di impiantistica per il trattamento e lo smaltimento di rifiuti. Ha elaborato la parte impiantistica del Piano di Smaltimento Rifiuti della Regione Campania (1996-1997), l'analisi del ciclo di vita delle opzioni di smaltimento rifiuti in Campania (2001-2002). Ha preparato il Piano di Smaltimento dei Rifiuti Speciali della Regione Campania (2008), il Piano Provinciale di Gestione dei Rifiuti della Provincia di Caserta (2009); il Piano di Gestione dei Rifiuti Urbani della Regione Campania (2011); il Piano di Gestione dei Rifiuti Urbani della Regione Molise (2012 e 2015).

Ha partecipato alla redazione del Rapporto 2012-2013 "Ciclo dei rifiuti: governare insieme. Economia, ambiente, territorio", preparato da Italia Decide, Associazione di Ricerca a-partisan per la qualità delle politiche pubbliche.

ATTIVITÀ DI RICERCA SPERIMENTALE

Partecipa o ha partecipato a diversi programmi internazionali di ricerca con Università ed enti di ricerca italiani e stranieri, quali Technical University of Vienna (Austria), Universidad de Sevilla (Spagna), Tongji University of Shanghai (Cina), Technical University of Hamburg-Harburg (Germania), Technical University of Halifax (Nova Scotia, Canada), Centre for Renewable Energies, Athens (Grecia); Ciemat, Madrid (Spagna); Centre for Environmental Strategies, Guildford (Gran Bretagna).

L'attività di ricerca del prof. Arena è principalmente rivolta allo studio di aspetti fondamentali ed applicativi dell'industria energetica ed ambientale e dell'ecologia industriale, focalizzandosi su:

- Le nuove tecnologie di recupero di materia e di energia da combustibili alternativi, di cui indaga gli aspetti impiantistici e di processo e le implicazioni per l'ambiente, con particolare riferimento ai processi di gassificazione o pirolisi in reattori a letto fluido.
- Gli aspetti gestionali, tecnologici, economici ed ambientali di processi produttivi e di servizi (con particolare attenzione ai sistemi di gestione di rifiuti) attraverso l'ausilio di strumenti innovativi, quali il Life Cycle Assessment (LCA) e la Substance Flow Analysis (SFA).
- Gli aspetti della sostenibilità in campo edilizio, per quantificare i carichi ambientali collegabili a materiali e componenti e gli impatti ambientali, economici e sociali che a tali carichi sono connessi.
- Le problematiche di rischio di incidenti rilevanti nell'industria e le conseguenti tecniche di prevenzione e mitigazione.

ATTIVITÀ DI PUBBLICAZIONE DI ARTICOLI O LIBRI SCIENTIFICI

E' autore di oltre 100 lavori a stampa su riviste scientifiche internazionali (tra i quali: Waste Management, J. of Industrial Ecology, Resource Conservation and Recycling, Process Safety and Environmental Protection, AIChE J., Chemical Engineering Science, Chemical Engineering J.,

Ind.&Eng.Chem.Res., Polymer Degradation & Stability, Powder Tech., Fuel, Energy, Fuel Proc.&Tech., Combustion Science and Tech., Combustion and Flame, Canadian J. of Chemical Eng., Japanese J. of Chemical Eng., Int. J. of Life Cycle Assessment, J. of Loss Prevention in the Process Ind.) e in atti di congressi internazionali con comitato di revisione internazionale.

Ha anche scritto capitoli su libri internazionali, tra i quali: il capitolo "Gas Mixing" nel libro Circulating Fluidized Beds curato da J. Grace, A. Avidan e T. Knowlton, Chapman & Hall; il capitolo "Fluidized Bed Pyrolysis of Plastic Wastes" nel libro Feedstock Recycling and Pyrolysis of Waste Plastics, curato da J. Scheirs e W. Kaminsky, J. Wiley&Sons Ltd; il capitolo "Fluidized Bed Gasification" nel libro Fluidized-bed technologies for near-zero emission combustion and gasification, curato da F. Scala, Woodhead Publishing Ltd.