



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA



Bollettino Notiziario - A.A. 2024/2025

LAUREA MAGISTRALE IN SUSTAINABLE CHEMISTRY AND TECHNOLOGIES FOR CIRCULAR ECONOMY (ORD. 2021)

Curriculum: Corsi comuni

CIRCULAR AND SUSTAINABLE WASTE MANAGEMENT

Titolare: Prof.ssa MARIA CRISTINA LAVAGNOLO

Periodo: I anno, 1 semestre

Indirizzo formativo: Corsi comuni

Tipologie didattiche: 72A; 9,00

Prerequisiti:

Conoscenze di base di chimica e biochimica, conoscenza di base dei fenomeni di inquinamento degli ecosistemi

Conoscenze e abilità da acquisire:

L'obiettivo di questo corso è quello di descrivere lo stato dell'arte della tecnologia, gli sviluppi e le pratiche organizzative e legislative, gli oneri e i benefici della gestione dei rifiuti solidi, con un approccio olistico che consideri gli aspetti sociali, culturali, economici e tecnologici. Circolarità e chiusura del ciclo dei materiali, sostenibilità del sistema di Gestione dei Rifiuti Solidi (SWM) nei diversi contesti sono considerati punti fondamentali del corso. **CONOSCENZA** Gli studenti saranno in grado di comprendere: • processi chimici e biochimici, alla base dei trattamenti SW e dello smaltimento finale; • i principi e le tecniche di gestione dei rifiuti solidi, compresi i driver normativi, ambientali, tecnici, economici e sociali; • le strategie di Gestione dei Rifiuti Solidi in diversi contesti; • le tecnologie di trattamento dei Rifiuti Solidi **ABILITÀ** Gli studenti saranno in grado di: • calcolare il bilancio di massa e delle emissioni dei diversi sistemi di trattamento • valutare i processi chimici e biochimici e suggerire modifiche utili • definire il sistema di Gestione dei Rifiuti Solidi (SWM) appropriato nel contesto specifico • identificare e progettare un piano generale di trattamento SW • valutare un sistema SWM esistente e suggerire miglioramenti • applicare un approccio olistico - considerando gli aspetti sociali, culturali e tecnologici - per un sistema SWM sostenibile • discutere e affrontare le tematiche aperte relative al SWM, ritenute importanti per il futuro miglioramento del sistema • valutare quando un progetto di sistema SWM è correttamente progettato

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:

Il corso prevede didattica frontale, presentazioni e discussione di casi studio, esercitazioni, attività di gruppo su incarichi, quiz, visita a impianti di trattamento SW, esperienze di laboratorio. Il corso si basa principalmente sulla metodologia di apprendimento attivo: verranno utilizzati strumenti online e agli studenti verrà chiesto di lavorare durante il corso piuttosto che alla fine solo per l'esame finale.

Contenuti:

ICAR/03 (6 CFU) • Sistemi e strategie di gestione dei rifiuti: circolarità, sostenibilità e chiusura del ciclo dei materiali; le miniere urbane per le risorse e i materiali critici, la simbiosi industriale • Produzione e qualità dei rifiuti in tutto il mondo • Cenni alle vigenti normative internazionali in materia di gestione dei rifiuti: definizioni, Catalogo europeo dei rifiuti, Classificazione dei rifiuti pericolosi • Schema di recupero delle risorse e smaltimento dei residui • Raccolta e trasporto rifiuti, raccolta differenziata e recupero materiali • Schemi e processi di selezione meccanica, efficienze e possibilità, separazione delle singole frazioni • Cenni sui processi di riciclo e recupero dei materiali • Tecnologie di compostaggio e digestione anaerobica • Recupero di energia termica dai rifiuti: processi termici; Produzione e possibilità di CDR (combustibile derivato da rifiuti) Gestione e smaltimento dei residui: strategie, tecnologie di scarica e progettazione (materiali, barriere; raccolta percolato e biogas, trattamento, riutilizzo del suolo); la discarica sostenibile e il deposito geologico • Cenni alla gestione dei rifiuti pericolosi • Visioni innovative: gestione e recupero integrato dei rifiuti e delle acque • Salute e Rifiuti CHIM/11 (2 CFU) • Processi di biostabilizzazione per la frazione biodegradabile: processi biochimici aerobici e anaerobici • Bioraffineria dei rifiuti: biochimica e processi, possibilità future D (1 CFU) • Le esperienze di aziende private o pubbliche nella gestione dei rifiuti

Modalità di esame:

Per chi frequenta (scelta fortemente consigliata), l'esame è composto da due parti: - progetto di gruppo da svolgere durante il corso - prova scritta sugli argomenti trattati a lezione alla fine del corso. Per chi non frequenta (scelta fortemente sconsigliata), l'esame è una prova scritta sugli argomenti del programma. Per gli studenti Erasmus: si consiglia di contattare la docente per verificare una modalità che consenta lo svolgimento dell'esame prima della partenza di rientro nella propria sede universitaria.

Criteri di valutazione:

Per i frequentati: 1. Il lavoro di gruppo viene valutato massimo 10 punti. I lavori di gruppo saranno valutati secondo i criteri di: correttezza dei contenuti,

capacità di elaborare conoscenze, capacità di sintesi, accuratezza grafica, proprietà del linguaggio scientifico. 2. L'esame scritto verrà valutato con un massimo 20 punti. L'esame scritto si basa sugli argomenti del corso. Il voto finale sarà la somma delle due valutazioni. Per studenti non frequentanti: l'esame scritto è unico e si basa sugli argomenti del programma, vale massimo 30 punti. La lode viene assegnata a chi durante il corso e/o all'esame si è distinto per partecipazione e risultati.

Testi di riferimento:

CONTENUTO NON PRESENTE

Eventuali indicazioni sui materiali di studio:

Da utilizzare: slides di lezione, letture obbligatorie, link a siti web selezionati - suggeriti per approfondimenti specifici - e tutti i materiali (articoli, letteratura scientifica) suggeriti dal docente. Saranno disponibili anche alcuni video. In caso di lavoro di gruppo, agli studenti verrà chiesto di reperire autonomamente il materiale appropriato.

CIRCULAR ECONOMY SUMMER SCHOOL

Titolare: Prof.ssa SILVIA GROSS

Periodo: I anno, annuale

Indirizzo formativo: Corsi comuni

Tipologie didattiche: 40A; 5,00

ECONOMICS FOR THE CIRCULAR ECONOMY

Titolare: Dott.ssa MARTA CASTELLINI

Periodo: I anno, 2 semestre

Indirizzo formativo: Corsi comuni

Tipologie didattiche: 48A; 6,00

Prerequisiti:

Tutorato in economia (10 ore) - obbligatorio (erogato a fine febbraio o all'inizio del II semestre)

Conoscenze e abilità da acquisire:

Il corso ha l'obiettivo lo sviluppo delle seguenti competenze: •Comprendere la natura economica nelle problematiche ambientali •Analizzare la relazione tra risorse naturali ed economia •Capire i fondamenti delle azioni dei governative •Analizzare in modo critico i vantaggi e gli svantaggi di diversi strumenti di politica atti a supportare lo sviluppo dell'economia circolare

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:

Lezioni, seminari, lavori e presentazioni di gruppo, formazione attiva

Contenuti:

•Sostenibilità ed economia circolare •La relazione tra ambiente ed economia •Le funzioni economiche dell'ambiente •Material balance, IPAT identity, curva EKC •Risorse naturali ed economia circolare: gestione ottimale della risorse naturali rinnovabili e non rinnovabili •Le origini delle problematiche ambientali ed il ruolo delle relative politiche •Efficienza, ottimalità, beni pubblici ed esternalità •Integrated assessment models (IAMS): modelli clima ed economia. •Modelli microeconomici per energia ed ambiente

Modalità di esame:

Sviluppo di un progetto scritto elaborato in gruppi di lavoro o forma individuale (da consegnare prima della data dell'esame) e valutazione orale di una presentazione di sintesi del progetto. Entrambe contribuiranno alla definizione del voto finale.

Criteri di valutazione:

L'esame consiste in una presentazione orale per verificare la preparazione di ciascun studente e valutazione del lavoro scritto svolto in gruppo o singolarmente, corredato da una presentazione sintetica alla data dell'esame.

Testi di riferimento:

Perman, R., Y. Ma, J. McGilvray and M. Common, Natural Resource and Environmental Economics. : Pearson Addison Wesley: 4 Edition, 2011

Eventuali indicazioni sui materiali di studio:

Materiale per la preparazione dell'esame finale include: slides fornite durante le lezioni, appunti personali, letture suggerite durante il corso

EUROPEAN UNION ENVIRONMENTAL AND ENERGY LAW

Titolare: Dott. RAFFAELE PALERMO

Periodo: I anno, 2 semestre

Indirizzo formativo: Corsi comuni

Tipologie didattiche: 48A; 6,00

Prerequisiti:

No particular prerequisite

Conoscenze e abilità da acquisire:

CE professionals should be capable of understanding how EU law forms at the institutional level (legislative procedures; delegated act, implementing acts),

and operates (including in the relationship between national and EU laws: harmonization, coordination, derogatory measures; understanding the role of private rules of self- and co-regulation, including s.c. harmonized standards). They should grasp the essentials of the internal market law, including competition and State aid law, as the overall framework in which CE goals should be achieved. They should understand the relationship between CE goals and a) EU energy policy measures, b) EU environmental policy measures. They should get how policies are formulated through political actions plans, and especially how they are further enacted through legal procedures, and how all this relates to scientific and technical knowledge, on one side, and societal issues, on the other side, through the appropriate institutional procedures. In doing this, they should in particular understand the interactions existing between technical-scientific advisory bodies, in particular EU agencies, and the EU Commission both as initiator of legislative procedures, and as decision maker in implementing and delegated non legislative procedures. They should moreover understand the role of different categories of stakeholders in such processes.

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:

Frontal classes; collective discussion of issues and cases, including through the use of padlets; classroom presentation of special fields' bases with methodological guidelines on how to develop personal /group in depth study

Contenuti:

General Part •Introductory Unit: Law, National Law(s), International Law, European Union Law; The role of law, and of EU law in particular, in the regulation of economic activities, and of technological innovation •The competences of the Union, and the relevant general principles (conferral, subsidiarity, proportionality) •The interaction between directly applicable primary rules of EU law and specific rules of secondary law adopted in the framework of EU competences •The competences in the area of internal market, environment, and energy •The Law of the EU Internal Market: in particular, the Freedom of Circulation of Goods The notion of goods, including waste and energy; national (technical) rules applicable to goods as obstacles to trade between Member States – justifications – the principle of mutual recognition; understanding the “new approach” and the role of EU “harmonized standards” •EU competition law: Rules applicable to undertakings (agreements, abuse of dominant position), rules applicable to States (State Aid) •Structural dimensions of EU secondary law: Legislative and Non-legislative Procedures, including the role of stakeholders therein; Regulations and Directives; Uniform law, harmonization, coordination of national laws; delegation and agencies; co-regulation; Special Part •Applying the structural dimensions of EU law in the fields relevant for CE; understanding the general principles of EU environmental and energy law; understanding the enactment of legislative procedures in the implementation of EU environmental and energy policies, with special attention to CE related fields; understanding the procedures leading to the adoption of implementing/delegated acts; •EU Environmental and Energy Law in secondary EU law Selective focuses on (may vary according to students main interests, upon agreement with lecturer) Renewables; Climate Change, Industrial emissions and ETS; Sustainable mobility; Net Zero Industry Critical Raw Materials Act, with special focus on its interaction with Environmental Impact Assessment and Strategic Environmental Assessment; Waste; REACH; GMOs+Food+Pesticides Law; Product labelling; EU taxonomy for sustainable activities; Eco-management and audit scheme (EMAS); EU approach to water; Biodiversity and reversing the degradation of ecosystems; New technologies, R&D and competition law; EU State Aid Law in the field of environmental standards and in the field of energy transition schemes

Modalità di esame:

Oral discussion of a written paper. An intermediate written assessment of general part knowledges might be offered to students as an option.

Criteri di valutazione:

Degree of understanding of the principles of EU law covered during the course; ability to apply these principles to actual cases. Capability of understanding and explaining the way in which technical-scientific knowledge influences the drafting of EU legal acts, in light of actual cases / case studies.

Testi di riferimento:

McDonnell, Alison, et al., editors, The Law of the European Union. Fifth edition., : Wolters Kluwer, 2018 Rafael Leal-Arcas (ed.); Jan Wouters (ed.), Research Handbook on EU Energy Law and Policy. Cheltenham (UK): Edward Elgar Publishing, 2017 Andrew Jordan, Viviane Gravey, Environmental Policy in the EU. London: Routledge, 2021 Geert Van Calster, Leonie Reins, EU Environmental Law. Cheltenham (UK): Edward Elgar Publishing, 2017

Eventuali indicazioni sui materiali di studio:

Materials will be made available on the Moodle platform; selected readings will be suggested from legal journals accessible to unipd.it domain users Reference texts as indicated below are especially recommended for students not attending the classes - please note that only a limited part of the Research Handbook will be used (see indication below) - note also that it is available not only as paper book, nut also as ebook, which is cheaper ;-)
Students attending the classes will be given possible alternative readings from legal journals accessible to unipd.it domain users (free of charge) Other useful readings: Daniel Gue?guen & Vicky Marissen, Science-based and evidence-based policy-making in the European Union: coexisting or conflicting concepts? COLLEGE OF EUROPE - Bruges Political Research Papers 88 / 2022 Anna-Katharina Wöbse and Patrick Kupper, Greening Europe: Environmental Protection in the Long Twentieth Century – A Handbook, Berlin, Boston: De Gruyter Oldenbourg, 2021. Jos Delbeke and Peter Vis, TOWARDS A CLIMATE-NEUTRAL EUROPE Curbing the Trend. ROUTLEDGE, 2019. Lavanya Rajamani and Jacqueline Peel, The Oxford Handbook of International Environmental Law, 2nd ed., Oxford University Press, 2021. Andrew Jordan, Viviane Gravey, Camilla Adelle, EU environmental policy at 50 - Retrospect and prospect, in Jordan, A., & Gravey, V. (Eds.). (2021). Environmental Policy in the EU: Actors, Institutions and Processes (4th ed.). Routledge. de Medeiros Costa, Hirdan Katarina., and Carolina. Arlota. Carbon Capture and Storage in International Energy Policy and Law. Elsevier, 2021, Cima, Elena. From Exception to Promotion: Re-Thinking the Relationship between International Trade and Environmental Law. Brill, 2022.

FINAL EXAM

Titolare: da definire

Periodo: Il anno, annuale

Indirizzo formativo: Corsi comuni

Tipologie didattiche: ; 15,00

GREEN CHEMISTRY AND INNOVATIVE CHEMICAL PROCESS

Titolare: Prof. MAURO CARRARO

Periodo: I anno, 1 semestre

Indirizzo formativo: Corsi comuni

Tipologie didattiche: 56A+48L; 9,00

Prerequisiti:

Basic knowledge of general, inorganic and organic chemistry.

Conoscenze e abilità da acquisire:

The students will know the criteria for making a chemical reaction greener at both the laboratory and industrial scales. To this end, they will be able to calculate green metrics and critically review classical chemical transformations, in order to suggest waste reduction strategies and promote the use of safer and sustainable chemicals. A team work on the preparation of an innovative green chemistry project will allow the development of various soft skills. In the laboratory, students will learn the correct use of glassware and the use of equipment for the separation, purification and characterization (UV-Vis, FTIR and NMR spectroscopy) of chemical compounds.

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:

Classroom lessons, team activity, problem based learning, laboratory experiments on green procedures (planned laboratory period: October-November-December). E-learning activities will be also planned, through the availability of slides and supplementary material.

Contenuti:

? Principles of Green Chemistry, environmental metrics ? Risk / wastes / pollution reduction in chemical processes ? Selection of solvents and reactants, design of reactions with high atom economy ? Alternative and not hazardous solvents: water, supercritical fluids, dimethyl carbonate, ionic liquids, deep eutectic solvents, solvents from renewable sources, etc. ? Use of renewable platform chemicals as starting reagents to obtain both traditional and new chemical compounds. ? Introduction to critical raw materials: definition and dimensions, relevance and list of CRM ? Green catalysis with homogeneous, supported, heterogeneous catalysts, solid acids and bases, organocatalysts, biocatalysis ? Use of CO₂ as carbon source/building block for carbon based compounds ? Green reagents: oxidations with H₂O₂, O₂, reductions with H₂ ? Alternative activation methods: photochemistry, microwave or ultrasonic processing, electrochemistry ? Bibliographic research in the main literature sources and selection of greener laboratory procedures ? Team work on a green chemistry project ? Analysis of industrial processes and possible innovative interventions with economic and environmental considerations ? Examples of green industrial processes ? Intrinsically safer design and process intensification ? Practical examples of a green organic synthesis in the laboratory involving combined strategies (use of one alternative solvent, bio-based starting materials and catalysis)

Modalità di esame:

Oral exam: the student will report on a case study, dealing with a comparison between traditional and innovative processes, by a presentation (mark: up to 27/30). The team work, developed during the course, and the laboratory reports will also be evaluated. They will contribute to the evaluation (mark: up to 3/30 points)

Criteri di valutazione:

Evaluation will be based on the general knowledge of the green synthetic strategies, and on the capability to critically discuss a specific case and suggest improvements. In order to pass the exam, the student must meet the following minimum criteria: a. Correctness, at least partial, in the use of green chemistry metrics b. Discussion of green chemistry principles c. Identification of the main critical points of a process In order to pass the exam excellently, the student, must also satisfy the following criteria: a. Correctness in calculating the metrics b. Completeness in identifying the critical points of a process c. Indication of alternative solutions with exhaustive discussion

Testi di riferimento:

CONTENUTO NON PRESENTE

Eventuali indicazioni sui materiali di studio:

Materials for the final exam preparation include lecture notes, slides and suggested papers on a case study. Additional references are provided for every topic.

HEALTH AND ENVIRONMENT IN CIRCULAR ECONOMY

Titolare: Prof. FAZEL ABDOLAHPUR MONIKH

Periodo: Il anno, 2 semestre

Indirizzo formativo: Corsi comuni

Tipologie didattiche: 48A; 6,00

Prerequisiti:

Conoscenze di base di scienze ambientali, biologia e/o chimica.

Conoscenze e abilità da acquisire:

Knowledge. WHO and EEA agree on the principle that "a clean environment is essential for human health and well-being". The approach to the relationships that link environmental quality to quality of life (including effects on human health) requires an in-depth study of the scientific knowledge that allows to define and quantify the quality of an environmental resource, the anthropic or natural factors that can compromise it, the chemical-physical and toxicological properties of the main environmental contaminants, the routes of exposure and the effects they can have on human health.

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:

This course includes lectures in the form of presentations on the mentioned topics. Within each lecture, in-depth discussions are held and participants share information and discussion on different cases related to the topics. The course is mainly based on the active learning methodology. Students individually select a topic of interest and develop a report on the topic during the course. The student learns how to focus on a topic, be specific, and use state-of-the-art tools to support their topics. Students will learn how to put and formulate their ideas in the framework of circular economy. Students develop a report before the end of the course. Finally, students present the topics where they will learn how to present their ideas within a given structure and amount of time.

Contenuti:

Introductory Topics. - The main environmental contaminants: chemical-physical properties, origin and environmental fate. - Toxic properties, routes of exposure and methodologies for estimating the effects of environmental pollutants on human health. - Environmental toxicity and eco-toxicity for industry - Challenges associated with emerging contaminants Specific topics. - Water, soil and air pollution and water quality assessment. - The global effects of environmental pollution - Emerging contaminants and the challenges for environmental risk assessment - The basic concept of hazard and risk and their links to circular economy - Environmental toxicity and eco-toxicity at different levels from molecules to population toxicity - Organisms models for industrial toxicity tests - Materials pollution and circular economy - Plastic pollution and circular economy - Electronic Waste and the environmental challenges in recycling - Environmental pollution in the framework of circular economy - The EU regulations (REACH and CLP) for the management of chemicals - Challenges for regulation of materials

Modalità di esame:

Criteria di valutazione:

Level of learning of all topics and their correlations: pollution, properties of contaminants, toxic effects, sustainability of industrial production, etc. Collegare la salute ambientale al quadro dell'economia circolare e della sostenibilità Ability to correlate anthropogenic pollutants (sources) with toxic and environmental effects (both local and global). Developing an essay

Testi di riferimento:

CONTENUTO NON PRESENTE

Eventuali indicazioni sui materiali di studio:

All the preparatory documents for the exam will be available on the Moodle page of the course. The preparatory material for the exam includes: slides of the course, essays and involvement in discussions.

OPERATIONS AND SUPPLY CHAIN MANAGEMENT

Titolare: Dott. ANTONIO CAVALLIN TOSCANI

Periodo: I anno, 2 semestre

Indirizzo formativo: Corsi comuni

Tipologie didattiche: 48A; 6,00

Prerequisiti:

Nessuno

Conoscenze e abilità da acquisire:

Il corso mira a fornire i concetti e le tecniche essenziali nell'ambito dell'Operations e Supply Chain Management, ovvero la disciplina preposta alla gestione dei processi e delle risorse che progettano, producono e distribuiscono i prodotti e servizi di cui usufruiamo tutti i giorni. Durante il corso, gli studenti comprenderanno l'importanza delle Operations nella più ampia gestione di impresa e la loro relazione con la strategia di impresa. Inoltre, verranno fornite conoscenze e competenze innovative che sono richieste per affrontare le opportunità e sfide poste dai nuovi paradigmi della sostenibilità ed economia circolare – perché oggi si parla di Green Operations e Sustainable Supply Chain Management.

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:

Lezioni frontali. Presentazione e discussione in classe da parte degli studenti di casi di studio aziendali. Testimonianze di manager e consulenti di impresa su specifiche tematiche innovative.

Contenuti:

Operations e Supply Chain Management: La gestione delle operations e dei processi. Il ruolo strategico e gli obiettivi delle operations. La definizione della strategia delle operations. La progettazione della rete di fornitura. La progettazione dei processi all'interno delle operations: posizionamento ed analisi. La gestione della catena di fornitura: relazioni di fornitura, strategie di approvvigionamento, valutazione dei fornitori, logistica, effetto frusta. La gestione della capacità. La gestione della qualità e il Total Quality Management (TQM). Integrazioni di sostenibilità ed economia circolare: Il corporate carbon accounting. Introduzione agli standard ambientali: sistemi di gestione, certificazioni, dichiarazioni ed etichette ecologiche. Introduzione alle strategie di circolarità e ai modelli di business circolari.

Modalità di esame:

– Esame scritto – Analisi e presentazione di casi studio aziendali in gruppo

Testi di riferimento:

Nigel Slack, and Alistair Brandon-Jones, Operations and Process Management (6th Edition). : Pearson International Content, 2021

Eventuali indicazioni sui materiali di studio:

Oltre al testo di riferimento del corso, nella piattaforma Moodle saranno messi a disposizione tutti i materiali didattici extra, le presentazioni dei casi di studio discussi in classe, e le presentazioni degli ospiti aziendali.

PSYCHOLOGY, POLICY MAKING, AND EDUCATION TO A CIRCULAR ECONOMY

Titolare: Prof. ENRICO RUBALTELLI

Periodo: Il anno, 2 semestre

Indirizzo formativo: Corsi comuni

Tipologie didattiche: 48A; 6,00

Prerequisiti:

Nessuno

Conoscenze e abilità da acquisire:

Il corso ha come obiettivo di: - Fornire conoscenze su teorie e tecniche innovative per migliorare il comportamento delle persone, specialmente in relazione alla sostenibilità ambientale. - Analizzare le incongruenze nel comportamento delle persone e i processi psicologici che producono queste incongruenze. - Fornire strumenti utili per comprendere l'importanza per i bambini di apprendere riguardo all'ambiente così da modificare il comportamento futuro dei cittadini.

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:

Lezioni frontali e discussione di casi di studio e progetti di intervento.

Contenuti:

- Il ruolo delle euristiche, emozioni, e diversi sistemi di pensiero per superare la resistenza delle persone ad accettare pienamente l'economia circolare. - Nozioni di base sulla percezione del rischio e riguardo al motivo per cui le persone possono sottostimare l'impatto delle proprie azioni sull'ambiente. -

L'utilità di apprendere come sviluppare tecniche facili e flessibili per modificare e migliorare il comportamento umano. - L'utilità di coinvolgere le future generazioni nel paradigma dell'economia circolare. - Il ruolo della famiglia e del contesto scolastico nel trasmettere ai bambini i valori della sostenibilità.

Modalità di esame:

Esame scritto.

Criteri di valutazione:

I criteri di valutazione riguarderanno: - Il livello di apprendimento. - L'abilità di estendere la conoscenza a specifici casi di studio.

Testi di riferimento:

Thaler, R. H., Sunstein, C. R., Nudge: The Final Edition. : Penguin Books, 2021

Eventuali indicazioni sui materiali di studio:

I materiali per la preparazione dell'esame finale saranno forniti dai docenti durante il corso.

RENEWABLE ENERGY TECHNOLOGIES

Titolare: Prof. MICHELE DE CARLI

Periodo: I anno, 1 semestre

Indirizzo formativo: Corsi comuni

Tipologie didattiche: 48A; 6,00

Prerequisiti:

Conoscenze di base di termodinamica applicata (leggi della termodinamica, processi termodinamici, cicli, fluidi), dello scambio di calore e di energia.

Conoscenze e abilità da acquisire:

Acquisire conoscenza in merito a: -Aspetti di base scientifici, tecnici, economici e normativi relativamente alla tecnologie da fonti rinnovabili -Caratteristiche principali degli impianti per lo sfruttamento delle fonti rinnovabili -Consapevolezza critica della multi-disciplinarietà necessaria per approcciare le tecnologie a fonti rinnovabili. Competenze acquisite: -Confronto critico tra le varie tecnologie per lo sfruttamento delle fonti rinnovabili -Capacità di valutare preliminarmente la produzione di energia per le tecnologie considerate

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:

Lezioni frontali basate su dispense preventivamente fornite agli studenti. La teoria è accompagnata da esempi pratici

Contenuti:

-Potenziale delle fonti rinnovabili, statistiche nazionali e mondiali, problemi tecnici ed economici per lo sfruttamento delle fonti rinnovabili [4h] -Radiazione solare: caratteristiche, potenziale negli edifici, sfruttamento per la conversione in energia [4h] -Tecnologie per il solare termico: teoria, componenti, sistemi [6h] -Tecnologie per il solare fotovoltaico: teoria, componenti, sistemi [6h] -Tecnologie geotermiche: teoria, component, generazione di energia [6h] -Impianti eolici: teoria, component, generazione di energia [8h] -Impianti idroelettrici: teoria, component, generazione di energia [8h] -Stoccaggio dell'energia: problemi di stabilità della rete, tecnologie di stoccaggio, soluzioni ibride [6h] -Energia delle maree e delle onde [2h]

Modalità di esame:

Alla fine del Corso il lavoro di gruppo deve essere presentato mediante un power point (max. 3/30 punti) L'esame consiste in quattro domande aperte sulla teoria (max 27/30 punti)

Criteri di valutazione:

I criteri di valutazione sono: -Livello di apprendimento -Competenze nell'applicare la conoscenza acquisita ad esercizi numerici -Capacità di spiegare ed analizzare in modo critico i concetti e le procedure studiate durante il corso)

Testi di riferimento:

CONTENUTO NON PRESENTE

Eventuali indicazioni sui materiali di studio:

Dispense delle lezioni in formato elettronico

SYNTHETIC BIOTECHNOLOGY

Titolare: Prof.ssa ELISABETTA BERGANTINO

Periodo: Il anno, 1 semestre

Indirizzo formativo: Corsi comuni

Tipologie didattiche: 48A; 6,00

Prerequisiti:

Conoscenze di base di biologia e biochimica, come fornite dalle lezioni di tutoraggio offerte (18 ore): - Introduzione generale. Bioelementi e acqua. - Carboidrati, Lipidi, Proteine, Acidi Nucleici - La cellula, unità strutturale e funzionale. Il nucleo. - Citoplasma. Strutture non membranose. - Membrana plasmatica. Organelli membranosi. - Riproduzione cellulare. Mitosi e meiosi. - Materiale genetico. Replicazione, trascrizione e traduzione. - Enzimi. Catabolismo. Respirazione, fermentazione. - Anabolismo. Fotosintesi. - Microrganismi. Batteri, Archea ed Eucarioti. Virus.

Conoscenze e abilità da acquisire:

Il corso si propone di presentare le metodologie disponibili o sviluppate fino ad oggi per l'utilizzo di componenti di origine biologica (organismi microbici o enzimi) nella produzione o degradazione sostenibile di molecole e materiali.

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:

Il corso si propone di presentare le metodologie disponibili o sviluppate fino ad oggi per l'utilizzo di componenti di origine biologica (organismi microbici o enzimi) nella produzione o degradazione sostenibile di molecole e materiali.

Contenuti:

Introduzione alle basi biologiche della cellula e del metabolismo. Principi e tecniche di ingegneria genetica riferiti, in particolare, alla produzione di molecole utili e proteine ricombinanti (enzimi), in sistemi di espressione procariotici ed eucariotici. Verranno descritti sistemi ospiti ben consolidati (E.coli e lievito), utilizzati in laboratorio ma anche nella loro estensione all'applicazione industriale (3 ECTS). Utilizzo di organismi cellulari e attività enzimatiche per la produzione o la degradazione di molecole e materiali. (2 CFU) Sviluppi innovativi ed esempi di recenti applicazioni che utilizzano enzimi per l'industria chimica (biocatalisi) e per il biorisanamento (1 CFU).

Modalità di esame:

Esami scritti a domande aperte, che determineranno la metà del voto finale (15/30). Le presentazioni orali, in aula, di un articolo scientifico selezionato dagli studenti tra quelli proposti dal docente, contribuiranno per la restante metà (ulteriori 15/30).

Criteri di valutazione:

Coerentemente con la natura teorica e applicativa dei contenuti, la valutazione terrà conto sia dell'acquisizione di conoscenze, sia della capacità di elaborazione critica e di problem solving.

Testi di riferimento:

Patten, Cheryl L; Glick, Bernard R, Molecular Biotechnology: Principles and Applications of Recombinant DNA. : ASM Press, 2022 Baldwin, Geoff; Bayer, Travis; Dickinson, Robert; Ellis, Tom; Freemont, Paul S; Kitney, Richard I; Polizzi, Karen; Stan, Guy-Bart, Synthetic biology - A primer (revised edition). Singapore: World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd, 2015

Eventuali indicazioni sui materiali di studio:

Verranno suggeriti articoli che presentano i casi di studio o le reviews più recenti.

THERMODYNAMICS AND CATALYSIS FOR CIRCULAR ECONOMY (C.I.)

Titolare: Prof. ANTONINO POLIMENO

Indirizzo formativo: Corsi comuni

Prerequisiti:

Conoscenze di base di matematica, fisica, chimica generale e inorganica, chimica organica e chimica fisica.

Conoscenze e abilità da acquisire:

Il Modulo A del corso si propone di introdurre lo studente all'applicazione di metodi formali, basati sui principi della termodinamica e della cinetica dei sistemi, e all'applicazione dei suddetti metodi a diversi cicli e processi produttivi. Il Modulo B mira ovviamente a introdurre la catalisi e la sua applicazione alla produzione chimica e alla protezione ambientale. Gli studenti dovrebbero infine sapere come funzionano i catalizzatori, quali sono i più adatti per alcune classi di reazioni, nonché quale sia la loro portata nell'attuale panorama tecnico e il loro ruolo prospettico nell'economia circolare.

Modalità di esame:

Lavoro di gruppo/esame orale; lo studente, da solo o in gruppo, avrà l'opportunità di relazionare su un argomento specifico, o di leggere e commentare un articolo revisionato

Criteri di valutazione:

La valutazione si baserà sul livello di comprensione dei principi formali e di utilizzo del linguaggio tecnico, sulla capacità di affrontare in modo rapido e critico questioni chiave e di stabilire connessioni tra concetti teorici e casi reali.

Moduli del C.I.:

Catalysis for circular economy (Mod. B)

Thermodynamics of processes and materials (Mod. A)

CATALYSIS FOR CIRCULAR ECONOMY (MOD. B)

Titolare: Prof. MARCO ZECCA

Periodo: I anno, 2 semestre

Indirizzo formativo: Corsi comuni

Tipologie didattiche: 48A; 6,00

Contenuti:

Cinetica chimica in catalisi: ciclo catalitico, sito catalitico, catalisi "single-" e "multi-site"; TON e TOF; velocità di reazione e attività catalitica. Catalisi omogenea in fase liquida; catalisi acida e basica specifiche e generali; la funzione di acidità di Hammett; ioni metallici come acidi di Lewis; idrolisi e condensazione come "case-histories" della catalisi acido-base. Principi di chimica di coordinazione e organometallica dei metalli di transizione; idrogenazione e idroformilazione di alcheni come "case-histories" della catalisi omogenea con composti organometallici dei metalli di transizione. Sistemi catalitici eterogenei gas-solido: catalizzatori non supportati e supportati; componenti e metodi di preparazione. Catalizzatori eterogenei in azione: la superficie attiva, adsorbimento e reazioni superficiali; isoterme di adsorbimento e approssimazione di quasi-equilibrio; meccanismi di Langmuir-Hinshelwood e Eley-Rideal; leggi cinetiche per le reazioni superficiali; energia di attivazione apparente e ordini di reazione nelle reazioni catalitiche eterogenee gas-solido; disattivazione, durata e gestione dei catalizzatori eterogenei solidi. Catalizzatori non-porosi e porosi: misura del volume dei pori e dell'area superficiale specifica di un solido; dispersione e distribuzione del componente attivo in un catalizzatore supportato; limitazioni diffusive alla velocità di reazione; "case-histories" nella catalisi eterogenea in condizioni gas-solido per il controllo ambientale e la produzione industriale di sostanze chimiche. Il riciclo dei catalizzatori nell'economia circolare. La catalisi in economia circolare: riciclo chimico del polietilene tereftalato.

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:

Lezioni frontali, "active learning"

Eventuali indicazioni sui materiali di studio:

1) "Catalysis: Concepts and Green Applications", 2nd Edition by Gadi Rothenberg; Wiley, Weinheim (D), 2017: testo in inglese che copre i principi della catalisi e i suoi diversi ambiti di applicazione. 2) Il materiale per la preparazione dell'esame comprende appunti di lezione, presentazioni del docente durante le lezioni, letture consigliate. I riferimenti alle fonti di letteratura verranno forniti durante il corso. L'annotazione di appunti personali durante le lezioni è fortemente consigliata.

Testi di riferimento:

AA.VV. (U. Hanefeld, L. Lefferts Editors), Catalysis: An Integrated Textbook for Students. Weinheim (D): Wiley, 2017

THERMODYNAMICS OF PROCESSES AND MATERIALS (MOD. A)

Titolare: Prof. ANTONINO POLIMENO

Periodo: I anno, 1 semestre

Indirizzo formativo: Corsi comuni

Tipologie didattiche: 32A+20E; 6,00

Contenuti:

Modulo A - I semestre • Concetti di base della termodinamica - sistemi, - leggi della termodinamica - cicli e processi - Principi di conservazione della massa e dell'energia • Approfondimenti termodinamici sulla valutazione dei processi di economia circolare attraverso casi di studio (ad esempio rifiuti alimentari, produzione di acciaio, produzione di altri materiali, ristrutturazione di prodotti, fornitura di veicoli, costruzione e produzione di attrezzature) • Cinetica chimica nelle soluzioni: - velocità di reazione e sua dipendenza dalle condizioni sperimentali - energia di attivazione - leggi cinetiche dei meccanismi di reazione (reazioni elementari, ordine e molarità, approssimazione allo stato stazionario, fase di determinazione della velocità, meccanismi complessi).

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:

Lezioni frontali, seminari, apprendimento attivo

Eventuali indicazioni sui materiali di studio:

Non sono richiesti libri di testo. Il materiale per la preparazione all'esame finale comprende dispense, diapositive delle lezioni e letture degli elaborati suggeriti. Il riferimento alle fonti bibliografiche verrà fatto a tempo debito. È fortemente consigliato prendere appunti personali durante le lezioni

Testi di riferimento:

CONTENUTO NON PRESENTE

UNDERSTANDING STATISTICS OF CIRCULAR ECONOMY

Titolare: Prof.ssa FRANCESCA BASSI

Periodo: Il anno, 2 semestre

Indirizzo formativo: Corsi comuni

Tipologie didattiche: 48A; 6,00

Prerequisiti:

Conoscenze di base di analisi matematica, algebra lineare, calcolo delle probabilità.

Conoscenze e abilità da acquisire:

L'obiettivo del corso è fornire una comprensione di base dei metodi e dei modelli statistici utilizzati per misurare l'economia circolare e formare gli studenti al pensiero statistico. Al termine del corso gli studenti saranno in grado di: 1. Comprendere il ruolo della statistica nella ricerca scientifica. 2. Comprendere i metodi statistici di base utilizzati per sintetizzare e analizzare dati univariati e bivariati quali: statistiche descrittive e grafici, test per la verifica d'ipotesi e intervalli di confidenza per medie e proporzioni, misure di associazione, regressione lineare semplice. 3. Comprendere e riconoscere le diverse fonti di dati e statistiche prodotte dai sistemi statistici nazionali e internazionali. Particolare attenzione sarà riservata agli indicatori compositi proposti per la misura dell'economia circolare. 4. Leggere e comprendere rapporti e documenti statistici. Questi possono riguardare temi relativi alle statistiche sui rifiuti, le statistiche sull'energia, il controllo della qualità, la valutazione delle politiche e la modellazione del ciclo di vita.

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:

Lezioni frontali in aula. Ulteriori attività possono includere attività di e-learning, gruppi di lettura, lavoro di gruppo e compiti a casa.

Contenuti:

• Introduzione al concetto di statistica. Inquadramento di una ricerca. Campionamento. Test statistici d'ipotesi, p-value e loro interpretazione, tipi di errore, potenza. Intervalli di confidenza. • Metodi esplorativi. Tabelle di frequenza, grafici, misure di localizzazione e diffusione. • Metodi elementari. Inferenza su una proporzione e confronto di due proporzioni. Test t di Student: a un campione, due campioni, dati appaiati. Inferenza campionaria. Metodi non parametrici: test di Wilcoxon (uno e due campioni) e test di Kruskal-Wallis. Coefficiente di correlazione. • Metodi avanzati. Analisi della varianza. Analisi di regressione: modelli lineari e non lineari. • Principali fonti di dati per l'economia circolare prodotte dai Sistemi Statistici Nazionali e Internazionali. • Teoria e metodologia degli indicatori e degli indicatori compositi. • Casi di studio ed esempi relativi all'Economia Circolare.

Modalità di esame:

Relazione scritta su un caso di studio specifico ed esame orale.

Criteri di valutazione:

La valutazione si baserà sulla conoscenza dei metodi e dei modelli statistici presentati nel corso e sulla capacità di discutere criticamente un caso specifico.

Testi di riferimento:

Cicchitelli G. D'Urso, Minozzo M., Statistics – Principle and Methods. : Pearson, 2021

Eventuali indicazioni sui materiali di studio:

Il docente fornirà le slide e altro materiale durante il corso.

WATER RESOURCES MANAGEMENT IN THE CIRCULAR ECONOMY

Titolare: Dott.ssa GIULIA ZUECCO

Periodo: I anno, 2 semestre

Indirizzo formativo: Corsi comuni

Tipologie didattiche: 48A; 6,00

Prerequisiti:

Conoscenze di base di matematica, fisica e chimica.

Conoscenze e abilità da acquisire:

Gli studenti impareranno a comprendere e gestire in modo appropriato le criticità legate alle risorse idriche nei paesaggi antropici, in presenza di diverse forzature climatiche e antropiche. Gli studenti analizzeranno alcuni casi di studio reali che esplorano soluzioni di mitigazione per contesti specifici. Il corso offre anche un'introduzione ad alcune delle novità relative alle tecnologie di telerilevamento per il monitoraggio della Terra e dei corpi idrici, e propone applicazioni avanzate di analisi spaziale dei dati ambientali tramite GIS.

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:

Lezioni frontali, apprendimento attivo, lavoro di gruppo: Lezioni: 24 ore Esercizi, lavoro di gruppo su casi di studio: 16 ore Laboratorio GIS: 8 ore

Contenuti:

Le lezioni, le esercitazioni pratiche e la discussione di casi di studio coprono i seguenti argomenti. - Introduzione o L'uomo, l'acqua e la Terra: le attuali sfide globali - Il clima o Cambiamenti climatici e disastri naturali (alluvioni e siccità) o Estremi idrologici e analisi della frequenza - Esercitazioni su casi di studio - Società o Impatto socio-economico sulla Terra: La grande accelerazione o Dinamica della popolazione e cambiamenti nell'uso del suolo o Scarsità d'acqua e rischio idro-politico o Inquinamento idrico - Lavori di gruppo e discussione di casi di studio - Gestione delle risorse idriche o Acqua per l'agricoltura o Acqua per le aree urbane o Impronta idrica di colture e prodotti - Esercizi sulla stima dell'impronta idrica - Ciclo idrico sostenibile o Acqua e servizi ecosistemici o Indicatori di alterazione idrologica o Approccio alla gestione integrata dei bacini idrografici o L'acqua per uno sviluppo socio-economico sostenibile: l'economia circolare dell'acqua - Lavori di gruppo e discussione di casi di studio Laboratorio GIS - Introduzione al GIS e al telerilevamento o Dati vettoriali e raster o Uso del suolo e stress idrico - Analisi digitale del terreno o Modelli digitali di elevazione o Analisi della rete di drenaggio

Modalità di esame:

Esame scritto e lavoro di gruppo su casi di studio.

Criteri di valutazione:

Esame scritto (80% del voto finale) per verificare la conoscenza degli argomenti visti durante il corso e la capacità dello studente di descriverli in modo critico e con una terminologia corretta. La capacità dello studente di discutere casi di studio, sollevando problemi ed evidenziando probabili soluzioni per mitigare una criticità sarà valutata attraverso il lavoro di gruppo (20% del voto finale).

Testi di riferimento:

Brears R.C., Developing the circular water economy. : Palgrave Macmillan, 2020 Brears R.C., Water resources management: Innovative and green solutions (available as e-book for @unipd.it). Berlin: De Gruyter, 2021

Eventuali indicazioni sui materiali di studio:

Il materiale per la preparazione dell'esame comprende gli appunti delle lezioni, le diapositive e le letture dei documenti suggeriti. Non sono richiesti libri di testo.

Curriculum: Energy conversion and storage

BIOREFINERIES AND SUSTAINABLE ENERGY PRODUCTION AND STORAGE FOR CIRCULAR ECONOMY

Titolare: Prof. TOMAS MOROSINOTTO

Periodo: Il anno, 1 semestre

Indirizzo formativo: Energy conversion and storage

Tipologie didattiche: 112A+10E; 15,00

Prerequisiti:

Basic knowledge of physics and chemistry (as provided by previous courses: General and inorganic chemistry, thermodynamics, and chemical kinetics)

Conoscenze e abilità da acquisire:

The course is aimed at: • Providing basic knowledge of electrochemistry, in particular the electron transfer process and the conduction properties of materials. • Understanding the physics, the chemistry, the technology and the designs of electrochemical devices for energy conversion and storage. • Learning about how electrochemical systems are designed for optimal energy production and storage. Critical raw materials management and recycling. • Introducing the biorefinery concept and the methods for the production of biofuels and bio-commodities. • Identifying current market barriers, challenges and opportunities for future developments of renewable energy sources based on biomass.

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:

Lectures in class. Experts from industries seminars. Visit to companies involved in the production and recovery of critical raw materials. Active learning including in class reviewing and brainstorming session.

Contenuti:

• Electric conductors: electronic conductors; ionic conductors. Innovative materials for electrochemical applications. • Electrode; electrified interphase, electrode potential, thermodynamics of an electrochemical cell, types of electrodes. Electrochemical reactors: types, critical components, ohmic drop and liquid junction potentials, and operational conditions. • Kinetics of an electrochemical process, electron transfer and the Butler-Volmer model, types of overpotential, exchange current, mass transport limitations, electrocatalysis and Volcano plots. • The World of Hydrogen. Fuel cell and electrolyser technologies: types, materials, performances, stability, efficiency, and critical issues. Microbial fuel cells: waste treatment and energy recovery. Electrolysers for CO₂ reduction and conversion. • Energy storage. batteries and supercapacitors: types, materials, performances, stability, and critical issues. Circular economy and recycling of lead-acid and lithium batteries. • Electrochemical methods for the recovery and recycling of noble metals and critical raw materials (Li, Co, etc.). • Ecological effects of CO₂ emissions and climate change. • Introduction of photosynthetic organisms. Principles of biological CO₂ fixation into biomass. Conversion of sunlight into chemical energy by photosynthetic organisms. Efficiency, limitations and opportunities. • The concept of transition from a linear to a circular economy: the role of biorefineries • Biorefineries: Biomass exploitation for the production of molecules and materials • Biomass pre-treatment, bioconversion and downstream processing in the context of biorefineries • Examples of recycle of biowastes and future perspectives in the industrial biotechnology sector • State of the art of biofuels production, future perspectives, barriers and opportunities. Description of different biofuels (Biodiesel, Bioethanol, Biomethane, Biohydrogen): Chemical properties and production processes; advantages and disadvantages; challenges and future perspectives. • Advanced biofuels. • Use of microalgae as alternative source of biomass.

Modalità di esame:

Written test complemented by a teamwork/oral evaluation. The written test will consist of multiple-choice questions, numerical exercises, or 6-8 open-ended questions and it aims at assessing the student's knowledge of the course contents and ability to synthetically present them. In the teamwork/oral evaluation the student, either alone or in a team, will be asked to develop an innovation project to develop new / improved industrial applications of biomass. The project will be presented to potential investors / to specific calls of Horizon Europe. The specific exam procedures for each module will be explained at the beginning of the course

Criteri di valutazione:

Assessment criteria: Level of understanding of theoretical contents; Clarity of exposition; Ability to apply the acquired knowledge to the case studies.

Testi di riferimento:

Bockris, J. O'M., Modern electrochemistry vol 1, 2A, 2B. New York [etc: Kluwer Academic, 1998

Eventuali indicazioni sui materiali di studio:

Materials for the final exam preparation include: lecture notes, class slides, and readings of suggested papers. Materials from the following texts will also be used: J. Bard, L. R. Faulkner, Electrochemical Methods: Fundamentals and Applications 2nd edition, Wiley & Sons, 2001. A. de Rosa, J. Ordonez, Fundamentals of Renewable Energy Processes, 4th Edition, Elsevier, 2021. J.O'M. Bockris, A.K.N. Reddy, Modern Electrochemistry, Vol. 1, Vol. 2A e Vol. 2B. New York: Kluwer Academic/Plenum Press, 1998. Alina M. Balu and Araceli García Nuñez (Eds.). Biomass and Biowaste: New Chemical Products from Old. Walter de Gruyter GmbH, Berlin/Boston, 2020. Michele Aresta, Angela Dibenedetto, Franck Dumeignil (Eds.). Biorefinery: From Biomass to Chemicals and Fuels: Towards Circular Economy." 2nd Edition. Walter de Gruyter GmbH, Berlin/Boston, 2022.

LIFE CYCLE ASSESSMENT

Titolare: Prof.ssa ANNA MAZZI

Periodo: Il anno, 1 semestre

Indirizzo formativo: Energy conversion and storage

Tipologie didattiche: 48A; 6,00

Prerequisiti:

Competenze di base di chimica e termodinamica

Conoscenze e abilità da acquisire:

Competenze: • Politiche internazionali ed europee a sostegno della valutazione dell'impatto ambientale e l'approccio del ciclo di vita • Principi e modelli per valutare gli impatti ambientali dal punto di vista del ciclo di vita • Requisiti internazionali per condurre uno studio LCA: norme ISO 14040-14044 • Aree di applicazione degli studi LCA in ambito industriale e recenti sviluppi scientifici Abilità: • Applicazione della metodologia LCA a semplici casi di studio, come esempi di prodotti, materiali e tecnologie dell'economia circolare • comprendere i risultati degli studi LCA, la loro utilità ed eventuali limiti, con focus su prodotti e processi di economia circolare • utilizzare un programma software per condurre semplici studi LCA • preparare un rapporto chiaro, conciso e completo del caso di studio LCA modellato utilizzando il software

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:

Lezioni frontali, seminari e apprendimento attivo. Discussione in aula di casi di studio. Esercitazioni in aula in piccoli gruppi. Esercitazioni in laboratorio informatico per conoscere il software SimaPro e applicare la metodologia LCA a casi studio semplificati.

Contenuti:

• Introduzione alla LCA: dalle origini ad oggi, standard internazionali di riferimento, fasi dello studio • Approfondimento dei requisiti ISO 14040-44: definizione di obiettivi e scopi, inventario del ciclo di vita, valutazione dell'impatto del ciclo di vita, interpretazione, conclusioni e raccomandazioni • Esempi e casi di studio: applicazione dei requisiti ISO 14040-44 in diversi settori industriali e focus su soluzioni di economia circolare • LCA nel mercato: Dichiarazione ambientale di prodotto, Carbon Footprint e altri strumenti LCA • Criticità e raccomandazioni della metodologia LCA e degli strumenti LCA nell'economia circolare • Casi studio, esercitazioni pratiche e laboratori informatici con il software Simapro

Modalità di esame:

Prova scritta completata da due relazioni di laboratorio. La prova scritta è composta da 4 domande a risposta aperta e mira a valutare la conoscenza da parte dello studente dei contenuti teorici del corso, la chiarezza e la capacità di sintetizzarli. Le relazioni di laboratorio riportano l'attività di esercitazione svolta in laboratorio LCA e hanno l'obiettivo di dimostrare le capacità acquisite nell'utilizzo del software LCA in riferimento a due casi studio.

Criteri di valutazione:

I criteri di valutazione sono i seguenti: • Livello di conoscenza dei riferimenti teorici • Chiarezza di esposizione e capacità di sintesi • Capacità di presentazione e completezza della discussione • Originalità critica • Capacità di applicare le conoscenze acquisite ai casi studio La prova scritta è valutata con un punteggio in trentesimi per ciascuna domanda: il voto della prova scritta sarà la media aritmetica del punteggio delle domande. Le relazioni di laboratorio vengono valutate con un punteggio aggiuntivo al voto della prova scritta, da un minimo di +0 punti ad un massimo di +2 punti.

Testi di riferimento:

Hauschild M.Z., Rosenbaum R.K., Olsen S.I., Life Cycle Assessment. Theory and Practice. : Springer, 2018 Walter Klopffer and Birgit Grahl, Life Cycle Assessment (LCA) A Guide to Best Practice. : Wiley, 2014

Eventuali indicazioni sui materiali di studio:

Il libro di testo di riferimento è: Hauschild M.Z., Rosenbaum R.K., Olsen S.I., Life Cycle Assessment. Theory and Practice, Springer, 2018 Il testo è disponibile come e-book nel Sistema Bibliotecario di Ateneo I materiali per la preparazione all'esame finale comprendono: le diapositive delle lezioni, gli appunti personali e le letture obbligatorie. Le diapositive delle lezioni e le letture saranno rese disponibili nella pagina Moodle del corso.

SUSTAINABILITY STRATEGIES AND ENERGY ECONOMICS (C.I.)

Titolare: Prof. ARTURO LORENZONI

Indirizzo formativo: Energy conversion and storage

Prerequisiti:

No specific basic knowledge is required; in general, the skills gained in the previous courses allow to follow the lessons properly.

Conoscenze e abilità da acquisire:

The course will couple the management and economics perspectives, models and tools. The Module A of the course provides knowledge and competences related to understand the relationship between environmental sustainability and strategy, the rational of business models for circular economy and to compare alternative innovation and communication strategies in the circular economy framework. The Module B of the course provides knowledge and competences related to the understanding of energy markets and evaluating energy investments. The student will be able to make a market analysis and to manage a project from the economic and technical perspective

Modalità di esame:

The evaluation will be based on written, oral exams and team works. In Module A, the student, either alone or in a team, will have the opportunity of reporting on a specific topic, or reading and commenting a reviewed paper. During Module B two written tests during the teaching time. If the vote is > or = 22/30 the vote can be registered, otherwise an oral examination is required.

Criteri di valutazione:

Student's evaluation will be based on the competences developed in applying autonomously the course's topics and ability to solve exercises on investment decisions. Attending students will be also evaluated on their capability to work in group, envision solutions and do analyses related to real case studies. It is required the ability to manage in autonomous way energy supply related problems

Moduli del C.I.:

Energy Economics (Mod. B)

Sustainability strategies and Innovation management for Circular economy (Mod. A)

ENERGY ECONOMICS (MOD. B)

Titolare: Prof. ARTURO LORENZONI

Periodo: Il anno, 1 semestre

Indirizzo formativo: Energy conversion and storage

Tipologie didattiche: 48A; 6,00

Contenuti:

•Energy sector basic knowledge. •Exhaustible resources economic analysis: the Hotelling rule, the role of financial markets •Prices and market of fossil fuels •Market equilibria under competition, oligopoly and monopoly •Economic evaluation of energy investments; the role of uncertainty. •The electricity sector: organisation and operation •New business models for energy supply

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:

Lectures, seminars, teamwork presentations, active learning Front lessons and classwork on investment choice. Literature is suggested for more in deep study. Some discussion on topics taken from media are made in class, to stimulate the critical analysis and the ability to defend a point

Eventuali indicazioni sui materiali di studio:

Materials for the final exam preparation include: class slides, your personal notes and compulsory readings. No textbook is required

Testi di riferimento:

CONTENUTO NON PRESENTE

SUSTAINABILITY STRATEGIES AND INNOVATION MANAGEMENT FOR CIRCULAR ECONOMY (MOD. A)

Titolare: Dott.ssa FATIMA ZAHRA FAKIR

Periodo: Il anno, 1 semestre

Indirizzo formativo: Energy conversion and storage

Tipologie didattiche: 48A; 6,00

Contenuti:

- Introduzione alle strategie di sostenibilità: analisi delle opzioni strategiche (strategie della matrice di Porter applicate a prodotti/processi sostenibili). Strategie di sostenibilità e responsabilità sociale d'impresa - Modelli di business (BM) per l'economia circolare: definizione di modelli di business e analisi di BM nel quadro dell'economia circolare (fornitori circolari, recupero delle risorse, estensione del prodotto, piattaforma di condivisione, prodotto come servizio). - Gestione dell'innovazione di prodotto e di processo: introduzione alle fonti di innovazione interne/esterne all'azienda, paradigma dell'innovazione aperta. - Innovazione in un contesto di economia circolare: I driver dell'eco-innovazione (regolamentazione, mercato, tecnologia); la circolarità (ridurre, riutilizzare, riciclare) e l'innovazione di prodotto (design, input). - Strategie di comunicazione, ruolo del consumo nella sostenibilità - La

sostenibilità fra vantaggio competitivo e cultura condivisa, dallo stakeholder engagement alla comunicazione

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:

Nessuno Prerequisiti Il corso combina prospettive, modelli e strumenti di management ed economia. Il modulo A del corso fornisce conoscenze e competenze relative alla comprensione del rapporto tra sostenibilità ambientale e strategia, alla razionalizzazione dei modelli di business per l'economia circolare e al confronto di strategie alternative di innovazione e comunicazione nel quadro dell'economia circolare. Il Modulo B del corso fornisce conoscenze e competenze relative alla comprensione dei mercati energetici e alla valutazione degli investimenti energetici. Lo studente sarà in grado di effettuare un'analisi di mercato e di gestire un progetto dal punto di vista economico e tecnico. Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento: Lezioni frontali, seminari, presentazioni di lavoro di gruppo, apprendimento attivo. Lezioni frontali e compiti in classe sulle scelte di investimento. La letteratura viene suggerita per uno studio più approfondito. In classe vengono fatte alcune discussioni su argomenti tratti dai media, per stimolare l'analisi critica e la capacità di difendere un punto di vista. La valutazione si baserà su esami scritti, orali e lavori di gruppo. Nel modulo A lo studente, da solo o in gruppo, avrà l'opportunità di relazionare su un argomento specifico, oppure di leggere e commentare un articolo recensito. Nel Modulo B sono previste due prove scritte durante l'orario di lezione. Se il voto è $\geq 22/30$ il voto può essere registrato, altrimenti è richiesto un esame orale. La valutazione degli studenti si baserà sulle competenze sviluppate nell'applicare autonomamente gli argomenti del corso e sulla capacità di risolvere esercizi sulle decisioni di investimento. Gli studenti frequentanti saranno valutati anche in base alla loro capacità di lavorare in gruppo, immaginare soluzioni e fare analisi relative a casi di studio reali. È richiesta la capacità di gestire in modo autonomo problemi legati all'approvvigionamento energetico.

Eventuali indicazioni sui materiali di studio:

Il materiale per la preparazione dell'esame finale comprende: le diapositive del corso, i vostri appunti personali e le letture obbligatorie. Non è richiesto il libro di testo

Testi di riferimento:

CONTENUTO NON PRESENTE

Curriculum: Resources and product design and recycling

CIRCULARITY IN BIOMASS PRODUCTIONS

Titolare: Prof. GIANLUCA TONDI

Periodo: Il anno, 2 semestre

Indirizzo formativo: Resources and product design and recycling

Tipologie didattiche: 48A; 6,00

Prerequisiti:

None

Conoscenze e abilità da acquisire:

Competences: • Knowledge on biomasses and their supply chains • Introduction of forest & agricultural bio-based products • Be able to evaluate the different recycling scenarios for end-of-life bio-based products and the recycling strategies of industrial biomass waste • Be able to understand the environmental advantages and disadvantages of the different production phases of bio-based products ("cradle to cradle" approach) Abilities: • Recognize quality and sustainability of solid biofuels • Understanding the cascade use of timber and bio-based materials

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:

Lectures, teamworking activities, seminars. Possible field excursion can be considered

Contenuti:

• Chemistry of biomass: photosynthesis and respiration • Cellulose, hemicelluloses, lignin and extractives: properties, isolation and applications • Introduction to wood material (differences between softwood and hardwood, characteristic and properties) • Solid biofuels (pellets, briquettes, wood chips and firewood) • Quality certifications of solid biofuel (ISO standard series 17225; ENplus, Biomassplus) • Timber supply chains (primary and secondary wood processing industries) • Wood products and related manufacturing and energetic impact of processes (sawn wood, CLT, wood panels) • Cascade usage of wood: methods to extend the time in which carbon is fixed • Chemical valorisation of biomass: pulp & paper industry and concept of biorefinery • Introduction to agriculture: what is agriculture and why do we need agriculture • Type of farming and their efficiency • Agricultural input: water and fertilizer. Economic and environmental impacts • Agricultural output: crop residue and animal waste. Economic and environmental impacts • Possible reuse of agricultural by-products, some "successful story" of by-product/waste reuse

Modalità di esame:

One single written exam divided in three parts - one per each module- The exams is constituted of open questions, exercises and multiple choices.

Criteri di valutazione:

• Learning level of the theoretical contents of the course • Critical skills

Testi di riferimento:

CONTENUTO NON PRESENTE

Eventuali indicazioni sui materiali di studio:

Materials for the final exam preparation include: class slides and personal notes. Additional material can be provided during the course

MATERIALS DESIGN AND SELECTION FOR CIRCULAR ECONOMY

Titolare: Prof.ssa SILVIA GROSS

Periodo: Il anno, 1 semestre

Indirizzo formativo: Resources and product design and recycling

Tipologie didattiche: 64A+12E; 9,00

Prerequisiti:

Conoscenze di base di matematica e fisica. Conoscenze di chimica organica, inorganica e chimica fisica (riviste nel corso di tutorato iniziale di chimica durante le prime due settimane del semestre del I anno, 18 ore).

Conoscenze e abilità da acquisire:

In generale, il corso è finalizzato a fornire i fondamenti metodologici per effettuare una oculata selezione dei materiali orientata alla sostenibilità. Grazie alla sua struttura interdisciplinare, il corso fornisce le seguenti conoscenze e abilità: Modulo 1: Materiali nell'economia circolare e scelta eco-informata dei materiali (6 ECTS) L'obiettivo principale di questo primo modulo è quello di introdurre la progettazione eco-design e orientata alla circolarità dei materiali per applicazioni in diversi settori. Gli obiettivi specifici sono: 1. Comprendere i materiali in una dimensione di economia circolare e la loro rilevanza in settori specifici. 2. Essere in grado di individuare, nelle prestazioni di un componente, una serie di "indici", ovvero combinazioni di proprietà del materiale da ottimizzare al fine di ridurre i consumi energetici e l'impronta di carbonio. 3. Essere in grado di riconoscere le diverse fasi del ciclo di vita dei materiali e operare su di esse mediante "Eco-audit". 4. Essere in grado di regolare la selezione dei materiali in base alla disponibilità delle materie prime. 5. Valutare le varie opzioni di circolarità per ogni classe di materiali vista a lezione. Modulo 2: (2 CFU di cui 1 CFU = 12 ore da erogare on line) Progettazione e selezione di molecole e materiali funzionali per la sintesi sostenibile e la circolarità. L'obiettivo principale del modulo è quello di illustrare come progettare in silico un prodotto circolare e valutarne le proprietà fisico-chimiche. Questo approccio richiede l'introduzione dei fondamenti e delle applicazioni di alcuni argomenti di chimica computazionale per prevedere e interpretare le proprietà strutturali e di reattività di molecole e materiali funzionali. 1 CFU dedicato all'attività di laboratorio computazionale e descrizione di casi di studio. Modulo 3: Caratterizzazione chimico-fisica di molecole e materiali. Caratterizzazione chimico-fisica di molecole e materiali. Questo modulo si propone di fornire agli studenti le basi chimico-fisiche di approcci analitici selezionati per caratterizzare molecole e materiali dal punto di vista composizionale, strutturale/morfologico e funzionale.

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:

Moduli 1 e 3: lezioni frontali in aula, con riferimenti specifici a casi di studio di economia circolare. Durante le lezioni, si prevede anche di presentare le funzionalità del pacchetto software CES (Cambridge Engineering Selector) nella selezione dei materiali per varie applicazioni tecniche, in funzione ambientale. Modulo 2 Le attività didattiche prevedono ore sia in aula (8 CFU) che in laboratorio (1 CFU). Durante le ore di lezione, su supporto informatico (slide proiettate), vengono affrontati i contenuti teorici del corso. Dimostrazioni ed esempi di calcolo sono selezionati dagli insegnanti e sviluppati passo dopo passo sulla lavagna. Durante le ore di lezione in laboratorio informatico, le funzionalità del pacchetto software CES (Cambridge Engineering Selector) vengono progressivamente presentate e applicate nella selezione dei materiali per varie applicazioni tecniche.

Contenuti:

Modulo 1: Materiali nell'economia circolare e la scelta eco-informata dei materiali Le risorse ed il loro utilizzo. Introduzione ai materiali: caratteristiche principali (composizione, struttura, morfologia, relazione struttura-proprietà), classi principali di materiali, rilevanza nei principali settori specifici (edilizia e costruzioni, abbigliamento e tessile, carta e cellulosa, compositi) in prospettiva di economia circolare. Scelta eco-informata dei materiali. Argomenti specifici: •Nozioni di base sulla chimica circolare •Integrazione del concetto di sostenibilità nella progettazione e produzione dei materiali •Diagramma di Sankey dei flussi di materiali •Opzioni di circolarità per classi di materiali •Progettazione dei materiali per ridurre il contenuto di CRM e approcci di sostituzione •Introduzione ai grafici delle proprietà dei materiali: sviluppo e utilizzo. Definizione degli indici dei materiali: prestazioni di un componente in base a una combinazione di proprietà; selezione attraverso grafici e indici. Presentazione di casi studio "puri" e relativa discussione delle equazioni caratteristiche e derivazione degli indici di selezione. Selezione di materiali con obiettivi contrastanti: analisi del trade-off •Metodi di monitoraggio dell'impatto ambientale. Casi studio di una selezione di materiali orientati alla sostenibilità ambientale (controllo energetico e dell'impronta di carbonio) nella produzione primaria •Ciclo di vita dei materiali: definizione di confini, cenni all'LCA, principi di audit ecologici. Aggiornamenti in materia di sostenibilità ambientale a partire dall'inclusione della fase di produzione. Presentazione e analisi delle opzioni di fine vita. Casi studio sull'applicazione di audit ecologici: introduzione al software CES (Cambridge Engineering Selector), confronto tra costruzioni a perdere e riutilizzabili, sostituzione dei materiali •Casi studio sul trade-off costi/sostenibilità ambientale •Sostenibilità mediante minimizzazione dei materiali: introduzione dei fattori di forma attraverso casi studio. Modulo 2: Progettazione e selezione di molecole e materiali funzionali per sintesi sostenibile e circolarità. Questo modulo offre una panoramica dei moderni strumenti computazionali disponibili per la progettazione di molecole e materiali funzionali. Tali aspetti teorici, fondamentali per comprendere le strategie computazionali multiscala descritte in letteratura, saranno presentati in maniera sintetica. Durante le sessioni pratiche gli studenti apprenderanno a risolvere problemi computazionali di base, come il calcolo della configurazione elettronica, delle proprietà strutturali, termochimiche e spettroscopiche, la descrizione di reazioni chimiche elementari mediante metodi ibridi in catalisi omogenea ed eterogenea, interpretazione della letteratura attuale in materia di ottimizzazione dei processi circolari in silico. Fondamenti di chimica quantistica (Teoria del Funzionale di Densità) verranno ripresi sinteticamente al fine di permettere la comprensione dei principali aspetti metodologici. Saranno trattati la meccanica molecolare e i campi di forza per introdurre l'approccio ibrido DFT/MM e saranno introdotti i modelli di solvatazione. Durante il corso verrà discussa l'applicazione dei protocolli computazionali per lo studio della reattività dei legami chimici e delle reazioni chimiche. Esempi pratici saranno presentati in aula informatica del DiSC Modulo 3: Caratterizzazione chimico-fisica di molecole e materiali • Interazione materia-radiazione elettromagnetica • Spettroscopie UV-Vis e IR. • Tecniche termo-gravimetriche come TGA e DSC. • Microscopie elettroniche quali microscopia a scansione e trasmissione elettronica (SEM e TEM).

Modalità di esame:

La verifica delle conoscenze attese viene effettuata attraverso una prova scritta. L'esame scritto consiste in 12 domande, sia aperte che a scelta multipla ed esercizi, su tutto il programma del corso.

Criteri di valutazione:

Criteri di valutazione: I criteri di valutazione consistono in: 1. Completezza ed organicità delle conoscenze acquisite 2. Proprietà della terminologia tecnica 3. Coerenza e precisione nell'applicazione di algoritmi numerici e grafici 4. Comprensione delle metodologie computazionali multiscala e della loro applicazione alla progettazione in silico di un processo e/o prodotto circolare.

Testi di riferimento:

M.F. Ashby, Materials and the Environment - Eco-informed Material Choice (3rd edition). Netherlands: Elsevier, 2020 European Parliament, Directorate-General for Internal Policies of the Union, Substitutionability of Critical Raw Materials. Brussels: European Parliament, 2012 European Commission, Critical Raw Materials for Strategic Technologies and Sectors in the EU - A Foresight Study. Brussels: European Commission, 2021

Eventuali indicazioni sui materiali di studio:

Tutto il materiale didattico presentato durante le lezioni (costituenti gli argomenti dell'esame) è reso disponibile sulla piattaforma Moodle del corso, sotto forma di slide (le stesse proiettate durante le lezioni), articoli scientifici e documenti integrativi. Testi integrativi suggeriti: MODULE 1 M.M. Farag, Materials and Process Selection for Engineering Design. Boca Raton: CRC Press, USA (optional) M.F. Ashby, Materials Selection in Mechanical Design. Oxford, UK: Butterworth Heinemann (optional) M.F. Ashby, H. Shercliff, D. Cebon, Materials, Butterworth Heinemann, Oxford, UK (optional) P.Ferro et al.: Lectures from DERMAPP (DEsign of components in a critical Raw MATERIALS Perspective) Project (optional) C. J. Cramer, Essentials of Computational Chemistry. UK: John Wiley & Sons, 2004 Leng, Y. Materials Characterisation, Introduction to Microscopic and Spectroscopic Methods. Edition No. 2 MODULE 3 Principles of Instrumental Analysis, Seventh Edition 2016. Authors: D.A Skoog, F.J. Holler and S.R. Crouch. Microstructural Characterization of Materials 2nd Edition

SUSTAINABLE MATERIALS AND RECYCLING FOR CIRCULAR ECONOMY (C.I.)

Titolare: Prof. MANUELE DABALA'

Indirizzo formativo: Resources and product design and recycling

Prerequisiti:

Conoscenze di base di chimica

Conoscenze e abilità da acquisire:

Il corso è costituito di 3 moduli: Risorse minerarie (geo)-risorse sostenibili e materie prime critiche (CRM) Riciclo e trasformazione di materiali inorganici Nuova economia delle materie plastiche: polimeri, biopolimeri e loro riciclo Il modulo A "Risorse minerali (geo)-risorse sostenibili e materie prime critiche (CRM)" fornisce un'introduzione alla geologia economica e alla classificazione e distribuzione delle risorse minerarie. Il modulo mira inoltre a fornire agli studenti la conoscenza dell'impatto ambientale e sociale dell'estrazione mineraria e della produzione di minerali provenienti da zone di conflitto. Le materie prime critiche saranno introdotte e contestualizzate nel quadro dell'UE (e.g. Critical Raw Materials Act). Al termine del modulo, gli studenti avranno acquisito le conoscenze e le competenze per l'utilizzo di materie prime critiche in un contesto di economia circolare. Il modulo B "Riciclo e trasformazione di materiali inorganici" fornisce un'introduzione al principio della produzione di metalli, in particolare la produzione a partire da metodi di riciclo. Il modulo si propone inoltre di fornire agli studenti la conoscenza del sistema di riciclo dei materiali inorganici come metalli e vetri e la differenza di proprietà tra i materiali prodotti dal ciclo primario e dai processi di riciclo. Al termine del modulo, gli studenti avranno acquisito le conoscenze e le competenze per la gestione dell'utilizzo di materiali inorganici che arrivano al riciclo, i metodi appropriati per mitigare gli effetti delle impurità nei prodotti finali. Il modulo C "Nuova economia delle materie plastiche: polimeri, biopolimeri e loro riciclo" fornisce la conoscenza della produzione, formulazione, trasformazione e applicazioni di polimeri e biopolimeri. I moduli mirano inoltre a fornire le strategie per ottimizzare e bilanciare le proprietà fisico-meccaniche e funzionali di polimeri e biopolimeri attraverso la formulazione, la lavorazione e la modifica chimica. Al termine del modulo gli studenti avranno acquisito la conoscenza delle problematiche relative al fine vita dei polimeri e le competenze per definire la fattibilità tecnica ed economica dei processi di riciclo. Le competenze che lo studente inizierà ad acquisire riguardano l'uso di un'appropriata terminologia scientifica, la capacità di sintesi e l'autonomia di giudizio.

Modalità di esame:

La verifica delle conoscenze acquisite avverrà attraverso un esame per ciascun modulo del corso e il metodo di esame sarà dettagliato all'inizio delle lezioni. L'esame valuterà le conoscenze, il lessico scientifico, la capacità di sintesi e di discussione critica acquisite durante il corso.

Criteri di valutazione:

La valutazione si baserà sul livello di comprensione degli argomenti trattati nei diversi moduli e sull'utilizzo di un linguaggio tecnico appropriato. Inoltre, la valutazione sarà sul piano della capacità di collegare le conoscenze acquisite dei concetti principali e teorici con la selezione della tecnologia appropriata in relazione agli input dei casi reali.

Moduli del C.I.:

New plastics economy: polymers, biopolymers and their recycling (Mod. C)

Recycling and transformation of inorganic materials (Mod. B)

Sustainable mineral (geo)-resources and critical raw materials (CRM) (Mod. A)

NEW PLASTICS ECONOMY: POLYMERS, BIOPOLYMERS AND THEIR RECYCLING (MOD. C)

Titolare: Prof. STEFANO MAMMI

Periodo: Il anno, annuale

Indirizzo formativo: Resources and product design and recycling

Tipologie didattiche: 48A; 6,00

Contenuti:

• Introduction to polymer science: general information on polymers and biopolymers • Terminology and elucidation of the concepts of biobased, biopolymers, bioplastics, biodegradability, compostability, biocompatibility, bioinspired, etc. with reference to EU regulation context. • Examples of biobased/biodegradable polymers. • Examples of functionalised and chemically modified biobased/biodegradable polymers.. • General overview on methods for the characterisation of polymers and biopolymers (e.g. microscopy-based methods, X-ray based methods, Gel permeation chromatography (GPC), methods for the determination of the molecular weight) • Methods for the functionalisation and the chemical modification of polymers and biopolymers • Identification and sorting of polymers. Italian and European regulation on recovery, recycling and waste management. Reference to SUP European regulation. • Recycling technologies: mechanical recycling, chemical recycling (solvolysis and thermolysis), waste heat recovery. Examples of recycling of polymers (PET, polyolefins, PS, PVC, thermosets).

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:

Classroom lecture using also slides. The course is organized in lectures whose contents are presented with the help of images, diagrams and videos. The teaching is interactive. The discussion and critical reflection in the classroom is promoted by questions, numerical exercises and presentation of case studies. Seminars on specific topics can be supplied by external experts. At the end of each topic a short feedback test is launched to the students using the teaching page enabled in the online resource.

Eventuali indicazioni sui materiali di studio:

No textbooks are required. Materials for the final exam preparation include lecture notes, class slides, and readings of suggested papers. The materials are available on the moodle platform of the course. Taking personal notes during lectures is strongly recommended. Suggested texts: 1. John Scheirs, Polymer Recycling: John Wiley & Sons, 1998 2. Alfred Rudin, Phillip Choi, The Elements of Polymer Science and Engineering, An Introductory Text for Engineers and Chemists, 3rd Edition - December 14, 2012 3. P.C. Painter, M.M. Coleman "Fundamentals of polymer science: an introductory text", CRC Press

Testi di riferimento:

CONTENUTO NON PRESENTE

RECYCLING AND TRANSFORMATION OF INORGANIC MATERIALS (MOD. B)

Titolare: Prof. MANUELE DABALA'

Periodo: Il anno, annuale

Indirizzo formativo: Resources and product design and recycling

Tipologie didattiche: 48A; 6,00

Contenuti:

Introduzione generale al riciclaggio e alla sua rilevanza nell'affrontare le criticità e l'esaurimento delle risorse. Cenni di base sulle proprietà fisiche dei materiali (proprietà magnetiche, ottiche ed elettriche) Proprietà meccaniche dei materiali: Comportamento a trazione delle diverse classi di materiali, durezza, resilienza, tenacità. La fatica nei materiali, in particolare metallici. Metalli e leghe: caratteristiche principali, diagrammi di stato binari, piani cristallini e principi di deformazione plastica Metallurgia fisica estrattiva: stabilità degli ossidi e di altri minerali contenenti metalli, termodinamica dei processi di riduzione, costi termodinamici e benefici del riciclo, efficacia ed efficienza del riciclo (exergia). • Lavorazioni metallurgiche: principi di produzione dei metalli, flussi di lavorazione selezionati (produzione primaria dell'acciaio, produzione primaria delle leghe di rame, produzione primaria delle leghe di alluminio, produzione primaria dello zinco, produzione primaria del silicio e suo recupero) • Riciclo metalli da residui e prodotti a fine vita: metodi di separazione e selezione del rottame; Produzione da rottame dell'acciaio e dell'acciaio inossidabile; Produzione da prodotti di riciclo di leghe di alluminio e lo ro criticità, Produzione da prodotti di recupero del rame; Recupero dei RAEE (quadri in filo stampato, celle fotovoltaiche, lampade....) e dei metalli preziosi in essi contenuti; Recupero dei preziosi dai catalizzatori di gas di scarico di motori a combustione; • Principali caratteristiche del vetro in termini di composizione e struttura. Tecnologia del vetro: materie prime e calcolo compositazionale dei batch; processi di fusione e forni. • Riciclo del vetro: raccolta dei rifiuti vetrosi; metodi di separazione; considerazioni energetiche e ambientali del riciclaggio del vetro. • Recupero dei materiali da demolizione

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:

Le lezioni in aula coadiuvate da slides in powerpoint permettono allo studente di avere una visione completa degli argomenti trattati. Il materiale usato durante le lezioni verrà reso disponibile sulla piattaforma Moodle del corso. Verranno utilizzati metodi di insegnamento interattivo come Kahoot, Wooclap

Eventuali indicazioni sui materiali di studio:

Le slides delle lezioni sono sufficienti ad avere una preparazione adeguata per affrontare la prova di esame. Non vengono adottati libri di riferimento, ma sono consigliati per consultazione ed approfondimento: 1) The international scrap and recycling industry handbook, Vincent Rich, Woodhead publishing limited, 2001 2) Sustainable and Economic Waste Management Resource Recovery Techniques, Hossain Md Anwar, Vladimir Strezov Abhilash, CRC Press 2020 3) Resource Recovery and Recycling from Metallurgical Wastes, S. Ramachandra Rao, Elsevier, 2006

Testi di riferimento:

CONTENUTO NON PRESENTE

SUSTAINABLE MINERAL (GEO)-RESOURCES AND CRITICAL RAW MATERIALS (CRM) (MOD. A)

Titolare: Prof. MATTEO ARDIT

Periodo: Il anno, annuale

Indirizzo formativo: Resources and product design and recycling

Tipologie didattiche: 48A; 6,00

Contenuti:

Introduzione alle risorse minerarie e ai depositi minerari. Risorse minerarie e loro definizione; requisiti geologici di base per la formazione di un deposito minerario; origine e classificazione dei depositi minerari. Abbondanza, criticità e riciclo. Distribuzione globale delle risorse minerarie e del loro fattore di arricchimento; consumo delle risorse minerarie; esempi di riciclo delle risorse minerarie (rifiuti da costruzione e demolizione, minerali industriali, metalli). Ciclo minerario e la scatola di McKelvey. Ciclo minerario; esplorazione; valutazione tecnica; sfruttamento; lavorazione dei minerali; chiusura e bonifica (valutazione dell'impatto ambientale); Scatola di McKelvey (riserve e risorse). Consumo di risorse minerarie, materiali e materie prime. Energia: combustibili fossili (petrolio, gas naturale, carbone, uranio); risorse non convenzionali (sabbie bituminose, scisti bituminosi); fracking; clatrati. Metalli: Ferro e acciaio, metalli comuni, metalli preziosi, metalli leggeri, metalli minori e speciali. Minerali industriali: abrasivi, refrattari, riempitivi, aggregati, rocce ornamentali, calce per cemento e calce, gesso, argilla per mattoni e piastrelle, e loro applicazioni fisico-chimiche. Principi di base della sostituzione degli elementi (dal legame chimico all'isomorfismo). Proprietà degli elementi; legame chimico e legame atomico nei minerali; raggio ionico (Pauling, Shannon) e coordinazione degli ioni; isostrutturalismo, isomorfismo e soluzioni solide; regole di sostituzione; soluzioni solide e classificazione. Uranio, energia nucleare e scorie nucleari. Mineralogia e giacimenti di uranio; metodi di estrazione (a cielo aperto, in sotterraneo, per lisciviazione in situ, sottoprodotto o coprodotto); lavorazione dell'uranio e produzione di combustibile; energia nucleare e processo di fissione nucleare (reazione a catena); ciclo del combustibile; reattori nucleari; sfide dei materiali in una centrale nucleare; combustibile nucleare esaurito; rifiuti nucleari; progettazione di forme di rifiuti nucleari; tipi di forme di rifiuti. Materiali e materie prime critiche (CRM). Cronologia dei materiali e loro quantità; materie prime critiche (interruzione della catena di approvvigionamento, sviluppo della scarsità tecnica di significato dei CRM; CRM per l'UE e altri Paesi; sicurezza della catena di approvvigionamento e rischio di interruzione dei mercati dei materiali (rischio di volatilità dei prezzi, rischio geopolitico, rischio di minerali di conflitto; rischio di controlli legislativi, rischio di abbondanza). Li e Co. Chimica e mineralogia; giacimenti; produzione globale di Li, estrazione e lavorazione (da roccia dura, da salamoia); grado di Li e applicazioni; batterie agli ioni di litio (importanza di Li e Co nello sviluppo dei catodi); Li e Co dal riciclo delle LIB. Platinoidi (PGM). Definizione e caratteristiche, applicazioni e consumo; produzione mondiale; mineralogia e riserve e risorse mondiali; depositi magmatici; depositi di tipo conduit; depositi di tipo layered; Sudbury; considerazioni ambientali. Terre rare (REE) Definizione e caratteristiche; mineralogia; principali giacimenti (Bayan Obo, Cina, e Mountain Pass, USA); produzione di REE; REE come CRM USA; applicazioni mondiali e statunitensi degli REE; tecnologie e settori strategici dei CRM nell'UE e negli USA; magneti permanenti Nd-B nell'energia eolica. Gli impatti sociali e sui diritti umani associati all'approvvigionamento di materie prime. - La prospettiva dell'Organizzazione delle Nazioni Unite; - Imprese e diritti umani: dieci priorità per il settore estrattivo. - Transition Minerals Tracker: Analisi 2021 - Governance delle risorse minerarie. - Due Diligence (OECD report, 2016)

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:

Lezioni in aula utilizzando anche diapositive. Il corso è organizzato in lezioni frontali i cui contenuti sono presentati con l'ausilio di immagini, diagrammi e video. L'insegnamento è interattivo. La discussione e la riflessione critica in aula è promossa da domande, esercitazioni numeriche e presentazione di casi studio. Seminari su argomenti specifici possono essere forniti da esperti esterni. Alla fine di ogni argomento viene lanciato un breve test di feedback per gli studenti utilizzando la pagina di insegnamento abilitata nella risorsa online.

Eventuali indicazioni sui materiali di studio:

Non sono richiesti libri di testo. I materiali per la preparazione all'esame finale includono appunti delle lezioni, diapositive illustrate a lezione e letture di documenti suggeriti. I materiali sono disponibili sulla piattaforma moodle. Prendere appunti personali durante le lezioni è fortemente raccomandato. Testi suggeriti: European Commission, Critical Raw Materials and the Circular Economy – Background Report, 2017. European Commission, Critical Raw Materials for Strategic Technologies and Sectors in the EU – a Foresight Study, 2020. Mineral resources, economics and the environment - Kesler, Simon,

2015 Cambridge University Press European Commission, Critical Raw Materials Resilience: Charting a Path towards greater Security and Sustainability - 2020 <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52020DC0474&from=EN> European Commission, Study on critical raw materials for the EU 2023 - final report

Testi di riferimento:

Kesler Simon, Mineral resources, economics and the environment. Cambridge: Cambridge University Press, 2015