

**Allegato B2****A.A. 2023-2024****Quadro degli obiettivi formativi specifici e delle propedeuticità**

Corso di Laurea magistrale in Ingegneria Meccanica.

DM 270/2004, art. 12, comma 2, lettera b,

| N. | Insegnamento  | Settore SSD | Obiettivi formativi specifici   | Propedeuticità obbligatorie |
|----|---|-------------|---|-----------------------------|
| 1. | Acustica applicata                                    | ING/IND11   | <ul style="list-style-type: none"><li>- Conoscenze da acquisire nel corso: nozioni teorico-pratiche relative ai principi fondamentali dell'acustica e alle sue applicazioni più importanti, con particolare riguardo alla difesa dai rumori in ambiente civile e industriale.</li><li>- Capacità acquisite relative alla disciplina: sommare e sottrarre livelli sonori, interpretare spettri acustici, calcolare livelli di pressione sonora prodotti da sorgenti puntiformi all'aperto ed in ambienti chiusi, calcolare l'attenuazione dovuta a barriere, calcolare l'assorbimento acustico e il tempo di riverberazione di un ambiente, individuare gli interventi principali per la progettazione e il trattamento acustico degli ambienti, calcolare i principali indici di isolamento acustico.</li><li>- Capacità trasversali: comprendere gli aspetti multidisciplinari dell'acustica e integrare le conoscenze specifiche con quelle di altre discipline dell'ingegneria.</li></ul>  |                             |
| 1. | Applied Acoustic                                      | ING-IND/11  | <p><u>Acquired knowledge</u><br/>Theoretical and practical knowledge of fundamental principles of acoustics and of its most important applications, in particular, with reference to noise protection in both civil and industrial environments.</p> <p><u>Acquired skills</u><br/>Adding and subtracting levels and interpreting sound spectra, computing sound pressure levels due to point sources indoors and outdoors, computing sound barrier attenuation, computing acoustic absorption and reverberation time, applying basic techniques for acoustic room design and treatment, computing sound insulation indexes.</p> <p><u>Transversal skills</u><br/>Understanding the multidisciplinary aspects of acoustics and integrating the specific know-how with that pertaining to other branches of engineering.</p>   |                             |
| 2. | Additive Manufacturing and Digital Process Innovation | ING-IND/16  | <p><u>Il corso ha la finalità di fornire conoscenze e strumenti per la sperimentazione e l'innovazione dei processi e dei sistemi di fabbricazione. Vengono trattati i seguenti argomenti: fondamenti di campionamento e teoria dei segnali a tempo discreto a random, pianificazione ed analisi statistica degli esperimenti, regressione lineare e tecniche di identificazione e modellazione di macchine e processi produttivi, dinamica delle macchine utensili e delle lavorazioni ad asportazione di truciolo, aspetti avanzati di innovazione di prodotto anche mediante tecniche di ottimizzazione topologica, programmazione CAD/CAM/CNC avanzata fino a 5 assi, sensori industriali e monitoraggio di processo, la fabbrica digitale ed i sistemi intelligenti di lavorazione, stampa 3D SLM. Gli obiettivi formativi specifici del corso sono la conoscenza di metodologie per la sperimentazione ed ottimizzazione dei processi manifatturieri, di aspetti avanzati delle lavorazioni meccaniche e delle tecniche per la produzione automatizzata e di elevata qualità di pezzi meccanici innovativi.</u></p> <p><u>Competenze acquisite:</u></p> |                             |

|    |   |            |  |  |
|----|---|------------|--|--|
|    |   |            | <ul style="list-style-type: none"> <li>- <u>capacità di acquisire ed analizzare segnali a tempo discreto;</u></li> <li>- <u>capacità di applicare metodologie statistiche per la sperimentazione ed analisi dei dati;</u></li> <li>- <u>capacità di identificare e modellare il comportamento di sistemi e processi di produzione;</u></li> <li>- <u>capacità di risolvere problemi di scarsa qualità anche causati da vibrazioni anomale durante le lavorazioni meccaniche;</u></li> <li>- <u>capacità di innovare un prodotto anche mediante tecniche di ottimizzazione topologica;</u></li> <li>- <u>capacità di programmare lavorazioni complesse mediante sistemi CAD/CAM/CNC fino a 5 assi;</u></li> <li>- <u>capacità di applicare sensori industriali con finalità di monitoraggio e controllo di processo, anche in logica di trasformazione digitale della fabbrica – Industria 4.0;</u></li> <li>- <u>competenze di base nella progettazione e realizzazione di componenti meccaniche con tecnologia additiva – stampa 3D..</u></li> </ul>  |  |
| 2. | Additive Manufacturing and Digital Process Innovation | ING-IND/16 | <p><u>The course provides knowledge, methodologies and tools for experimentation and innovation of products and manufacturing processes. Modern concepts for digital manufacturing are introduced. The following topics are covered: discrete time and random signals, statistical design and analysis of experiments, identification and modelling of machine tools and manufacturing processes, dynamics of machine tools and of machining operations, advanced CAD/CAM/CNC programming up to 5 axes, application of industrial sensors for process monitoring and control also in the perspective of the "Digital Factory", 3D printing by using the Selective Laser Melting technique.</u></p> <p><u>Acquired skills:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <u>capability of discrete time signals acquisition and elaboration in time and frequency domain;</u></li> <li>- <u>application of statistical methodologies for design and analysis of experiments;</u></li> <li>- <u>experimental modal analysis of machine tools, capability of identification and modelling of advanced manufacturing systems and processes;</u></li> <li>- <u>skills and competences for solving low quality issues caused by process anomalies such as undesired machining system vibrations;</u></li> <li>- <u>product and process innovation by also using topological optimization and generative design;</u></li> <li>- <u>advanced CAD/CAM/CNC programming skills;</u></li> <li>- <u>selection and application of industrial sensors for process monitoring, control and optimization;</u></li> <li>- <u>programming of advanced 3D printing techniques (SLM).</u></li> </ul> |  |
| 3. | Advanced Machine Design                               | ING-IND/14 | <p><u>Conoscenze da acquisire nel corso</u></p> <p>Teoria del comportamento elastoplastico dei materiali, meccanismi di cedimento in condizioni di carico complesse, progettazioni di giunzioni bullonate e saldature, meccanica del contatto e criteri di selezione dei materiali.</p> <p><u>Capacità di applicare le conoscenze</u></p> <p>Apprendere le metodologie del calcolo numeric di comportamento elastoplastico dei materiali, comprendere I principali meccanismi di cedimento strutturale, capacità di progettare component meccanici in condizioni complesse di carico, progettare giunzioni e competenze nella selezione razionale dei materiali in funzione dell'applicazione.</p>   |  |

|    |                         |            |  |  |
|----|-------------------------|------------|--|--|
|    |                         |            | <p><u>Capacità trasversali</u><br/>Affrontare il calcolo strutturale e la progettazione di sistemi meccanici, integrando le conoscenze specifiche con quelle di altre discipline; acquisire le competenze tecniche per la progettazione di componenti per applicazioni industriali</p>   |  |
| 3. | Advanced Machine Design | ING-IND/14 | <p><u>Acquired knowledge</u><br/>Theoretical knowledge of the post-elastic material behaviour, failure mechanisms for different types of complex loading, design of design of bolted and welded connections, contact mechanics and material selection.</p> <p><u>Acquired skills</u><br/>Ability to numerically calculate the post-elastic material behaviour, understanding of various failures, designing ability for the complex loading conditions and different types of joints. Skill to select the material based on the applications.</p> <p><u>Transversal skills</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Bridging the fundamental of material mechanisms to the advance concepts that is useful to design for complex conditions in realistic situations and industrial applications.</li> </ul>  |  |
| 4. | Aerodynamics            | ING-IND/06 | <p>Il corso è strutturato in modo da descrivere fenomeni e metodologie di valutazione tipici delle applicazioni non aeronautiche dell'aerodinamica, con particolare riferimento all'aerodinamica dei flussi esterni. Saranno inoltre forniti gli strumenti fisico-matematici di base necessari per impostare e risolvere i relativi problemi (ad es. di progettazione). A tal fine saranno presentate le equazioni fondamentali per flussi di fluidi incomprimibili attorno a corpi profilati e non. Saranno infine illustrati esempi concreti di risoluzione analitica e numerica di problemi riscontrabili nel campo dell'aerodinamica industriale (aerodinamica del veicolo, aerodinamica del velivolo).</p> <p><i>Competenze acquisite:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Comprensione e capacità di interpretare i principali fenomeni aerodinamici coinvolti nell'interazione fra un fluido e un corpo solido in moto relativo tra loro.</li> <li>- Conoscenza delle metodologie di sviluppo e progettazione aerodinamica applicate a problemi di aerodinamica industriale (e.g. aerodinamica del veicolo o del velivolo).</li> </ul> |  |
| 4. | Aerodynamics            | ING-IND/06 | <p>The course is designed to describe the fundamental phenomena and the most common methodologies used in non-aeronautical aerodynamic applications, with particular reference to the aerodynamics of external flows. The basic physico-mathematical tools that can be used to set up and solve problems related to these flows (e.g. simple design problems) will also be provided. To this end, the fundamental equations for incompressible fluid flows around streamlined and non-streamlined bodies will be presented. Finally, practical examples of analytical and numerical resolution of simple problems encountered in the field of industrial aerodynamics (vehicle aerodynamics, aircraft aerodynamics) will be illustrated.</p> <p><i>Acquired skills:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Understanding and capability to interpret the main aerodynamic phenomena arising from the interaction between a fluid and a solid body in relative motion.</li> <li>- Knowledge of the most common development and design methodologies applied to industrial aerodynamics</li> </ul>   |  |

|    |                       |            |  |  |
|----|-----------------------|------------|--|--|
|    |                       |            | problems (e.g. vehicle aerodynamics or aircraft aerodynamics).   |  |
| 5. | Azionamenti Elettrici | ING-IND/32 | <p>Conoscenze da acquisire nel corso: conversione elettromeccanica di energia attraverso macchine elettriche rotanti; principi di produzione della coppia; modelli analitici dinamici di macchine in corrente continua, a passo, sincrone a magneti permanenti, asincrone; algoritmi di controllo; regioni di funzionamento; prestazioni ottenibili; campi di applicazione.</p> <p>Capacità e competenze acquisite relative alla disciplina: comprendere e approfondire i requisiti di un'applicazione di movimentazione di un carico meccanico; scegliere e prevedere il funzionamento e le prestazioni di un azionamento in una determinata applicazione; analizzare l'interazione dell'azionamento con il sistema meccanico; saper valutare le diverse soluzioni tecniche di motore, azionamento, convertitore e algoritmo di controllo e scegliere la soluzione ottimale; comprendere la terminologia e i parametri che descrivono gli azionamenti elettrici; leggere ed interpretare i dati tecnici ed i cataloghi per la scelta delle macchine e degli azionamenti elettrici; utilizzare programmi per la simulazione del comportamento dinamico di macchine, convertitori e azionamenti elettrici; saper impostare il progetto di semplici controlli di velocità e corrente per azionamenti in corrente continua ed in alternata.</p> <p>Capacità trasversali: comprendere i requisiti e l'interazione tra sistemi ingegneristici diversi (elettronica, elettrotecnica, controllo, elettromeccanica) integrando le conoscenze specifiche fornite nel corso con quelle di altre discipline; sviluppare autonomia di giudizio e confronto su prestazioni e caratteristiche di sistemi di azionamento complessi; acquisire un linguaggio tecnico specifico per illustrare il funzionamento dei sistemi dei convertitori, delle macchine e degli azionamenti elettrici; utilizzare programmi per la simulazione del comportamento dinamico di macchine, convertitori e azionamenti elettrici.</p> |  |
| 5. | Electric Drives       | ING-IND/32 | <p>Knowledge and learning: electro-mechanical energy conversion through (rotating) electric machines; torque production methods and principles; analytical models of electric rotating machines (dc, stepper, three-phase permanent magnet synchronous (brush-less) and induction); control algorithms; operating regions and ranges; achievable performance; application fields.</p> <p>Abilities and competencies: understand and analyze the requirements for driving a mechanical load through an electric machine; select and foresee the behavior and performance of an electric drive within a certain application; analyze the interaction between the drive and the mechanical load; evaluate possible technical solutions for machine, drive, converter and control algorithm, selecting the optimal combination; understand the specific terminology and parameters adopted to describe electric drives; read and understand technical data and catalogue for the selection of machine and drive; use proper tools for the simulation of the dynamical behavior of electric machines, converters and drives; design of simple speed and current control loops for dc and ac electric drives.</p> <p>Cross-abilities: understand the requirements and interactions among different engineering systems (electronics, control and electromechanical), by integrating specific knowledge acquired during the lectures with other</p>   |  |

|    |   |            |   |  |
|----|---|------------|---|--|
|    |   |            | branch of knowledge; develop autonomy of understanding and comparison about performance and characteristics of complex drive systems; acquire a specific technical language to describe the behavior and performance of electric machines, converters and drives; use proper tools for the simulation of the dynamical behavior of electric machines, converters and drives.  |  |
| 6. | Combustione   | ING-IND/08 | <p>Il corso si propone di:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- introdurre i principi della combustione e fornire adeguati modelli chimico-fisico-matematici per lo studio e il progetto di dispositivi pratici di combustione (bruciatori domestici, motori termici, forni industriali, ecc.);</li> <li>- consentire la comprensione dei processi di combustione e il riconoscimento delle diverse modalità di combustione sulla base dei meccanismi elementari di trasporto di massa, specie, quantità di moto ed energia nei flussi reagenti;</li> <li>- fornire strumenti interpretativi e di calcolo che rendano agevole la soluzione di problemi pratici di combustione, anche in contesti nuovi e in ambito interdisciplinare;</li> <li>- integrare le conoscenze sulla combustione con quelle più ampie dell'ingegneria energetica, ambientale e di processo, onde promuovere la capacità di formulare giudizi fondati in ambiti complessi anche sulla base di informazioni incomplete o limitate;</li> <li>- impartire le nozioni sulla combustione con costante riferimento ai loro fondamenti chimico-fisici e con argomentazioni strutturate, al fine di rafforzare anche la capacità degli studenti di comunicare tali conoscenze in modo chiaro e rigoroso;</li> <li>- migliorare le capacità di apprendimento degli studenti in modo da consentire loro di approfondire gli argomenti del corso in modo autonomo.</li> </ul> |  |
| 6. | Combustion  | ING-IND/08 | <p>This course is aimed at:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- introducing the fundamentals of combustion and providing appropriate chemical, physical and mathematical models for the study and design of practical combustion devices (domestic burners, heat engines, industrial furnaces, etc.);</li> <li>- allowing the understanding of the combustion processes and the recognition of different combustion modes on the basis of the elemental mechanisms of mass, species, momentum and energy transport in reacting flows;</li> <li>- providing interpretative and computational tools that allow students to easily solve practical combustion problems also in new and interdisciplinary contexts;</li> <li>- promoting the integration of knowledge on combustion within the broader context of energy, environmental and process engineering, thereby enhancing students' capability to handle complexity and formulate judgments also with incomplete or limited information;</li> <li>- imparting notions on combustion with constant reference to their chemical-physical fundamentals and using a structured reasoning approach, so as to strengthen students' ability to communicate their knowledge in a clear and rigorous way;</li> <li>- enhancing students' learning skills, so as to allow them to deepen the course topics in an autonomous way.</li> </ul>   |  |
| 7. | Compatibilità ambientale degli impianti industriali | ING-IND/17 | Il corso si propone l'obiettivo di fornire agli studenti una conoscenza degli elementi utili e dei metodi da adottare nell'affrontare la progettazione degli impianti industriali in  |  |

|    |  |            |  |  |
|----|--|------------|--|--|
|    |  |            | <p>ottica di sostenibilità ambientale. Si articola in due parti con obiettivi formativi diversi.</p> <p>La prima parte intende sviluppare le capacità di trattare e risolvere problemi reali di progettazione mediante l'utilizzo di metodi avanzati di valutazione (approcci in condizioni di incertezza, analisi multicriterio e multiattributo, analisi di rischio).</p> <p>La seconda parte mira a fornire le competenze necessarie per il dimensionamento di massima dell'impiantistica di servizio per il contenimento dell'impatto ambientale, del risparmio energetico e di trattamento e riuso di scarti industriali. Lo studente acquisisce:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Competenze sui sistemi di supporto alle decisioni e tecniche innovative per la scelta di diverse alternative sia in termini di pianificazione che di progetto di impianto</li> <li>- Conoscenza nella progettazione delle aree industriali in ottica di sostenibilità.</li> <li>- Capacità progettuale ed in particolare nella impiantistica di trattamento e di servizio.</li> <li>- Conoscenze sui vincoli legislative e normative in materia ambientale che influenzano le scelte progettuali.</li> <li>- Conoscenze dei principi del Design for Environment e degli audit energetici per il controllo dell'uso delle risorse nei prodotti e nei processi.</li> <li>- Conoscenze sui principi del solid waste management e sui metodi di trattamento degli scarti industriali.</li> <li>- Conoscenze sui fattori ambientali connessi alla logistica di merci e scarti.</li> </ul> |  |
| 7. | Environmental Compatibility of Industrial Plants | ING-IND/17 | <p>The course aims to provide students with the knowledge of useful elements and methodologies to be adopted for an environmentally sustainable industrial plant design. The course is structured in two parts, each with different objectives. Firstly the course aims to develop capabilities for problem solving of real issues in plant design, by using decision support systems and innovative techniques. Secondly, fundamental competences for designing industrial plants for waste's and by-products' flows treatment and re-use are provided.</p> <p>Aquired skills: competences on decision support systems and innovative techniques for choosing among different alternatives for both planning and plant design; knowledge on design of industrial areas in terms of sustainability; design capabilities, specifically on treatment and auxiliary plants; competences on environmental regulation influencing designing choices; competences on Design for Environment to control the use of resources in products and processes; knowledge on environmental factors linked to products and logistics</p> <p>Understand interdisciplinary aspects in industrial facilities design, acquire skills on communication of complex project design and on the team working</p>  |  |
| 8. | Controlli Automatici                             | ING-INF/04 | <p><u>Conoscenze ed abilità da acquisire:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Conoscenze approfondite sulla teoria dei sistemi lineari, sulla modellizzazione di sistemi meccanici, sulla modellizzazione di sistemi elettromeccanici, sulla stabilità di sistemi di controllo in retroazione, sull'analisi e sintesi di sistemi di controllo in retroazione.</li> </ul> <p><u>Capacità relative alle discipline:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Utilizzo di strumenti matematici per l'analisi di sistemi dinamici.</li> </ul>   |  |

|    |                    |            |  |  |
|----|--------------------|------------|--|--|
|    |                    |            | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Modellazione di sistemi meccanici con il metodo newtoniano ed energetico (variazionale).</li> <li>- Modellizzazione di sistemi elettro-meccanici.</li> <li>- Modellizzazione con funzioni di trasferimento e nello spazio degli stati.</li> <li>- Analisi di sistemi nel dominio del tempo.</li> <li>- Analisi di sistemi nel dominio delle frequenze.</li> <li>- Analisi di stabilità di sistemi di controllo in retroazione.</li> <li>- Analisi e sintesi di sistemi di controllo in retroazione.</li> <li>- Simulazione di sistemi dinamici di controllo con MatLab.</li> </ul> <p><u>Capacità trasversali:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Modellizzazione e analisi di sistemi ingegneristici complessi supportata da conoscenze di base in analisi matematica e fisica meccanica e elettrica.</li> <li>- Autonomia di analisi della risposta di sistemi mecatronici.</li> <li>- Interpretazione della risposta di sistemi dinamici a partire da formulazioni nel dominio di Laplace e delle frequenze.</li> <li>- Acquisizione di un linguaggio matematico e scientifico appropriato a descrivere il comportamento dei sistemi di controllo in retroazione</li> <li>- Capacità di ideare e progettare sistemi di controllo elettro-meccanici.</li> </ul>   |  |
| 8. | Automatic Controls | ING-INF/04 | <p>Knowledge and skills to be acquired:<br/>Extensive knowledge on linear systems theory, mechanical systems modelling, electromechanical systems modelling, stability of feedback control systems, analysis and synthesis of feedback control systems.</p> <p>Skills related to the disciplines</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Use of mathematical tools for the analysis of dynamic systems.</li> <li>- Modelling of mechanical systems with Newton and energy (i.e. variational) approaches.</li> <li>- Modelling of electro-mechanical systems</li> <li>- Modelling with transfer functions and state-space formulations.</li> <li>- Time-domain systems analysis.</li> <li>- Frequency-domain systems analysis.</li> <li>- Stability analysis of feedback control systems.</li> <li>- Analysis and design of feedback control systems.</li> <li>- Simulation of control dynamic systems with MatLab.</li> </ul> <p>Transferable skills:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Modelling and analysis of complex engineering systems supported by a solid background on calculus and electrical-mechanical physics</li> <li>- Independent analysis of mechatronic systems.</li> <li>- Understanding of the dynamic response of systems from Laplace and frequency domain formulations.</li> <li>- Acquisition of mathematical and scientific language appropriate to illustrate the behaviour of feedback control systems.</li> <li>- Ability to conceive and design electro-mechanical control systems.</li> </ul> |  |
| 9. | Corrosione         | ING-IND/22 | <p>Apprendere i fondamenti elettrochimici dei processi corrosivi ed imparare a riconoscere e distinguere le principali morfologie di degrado per corrosione. Saper correlare le forme di corrosione ai diversi ambienti di esercizio dei materiali metallici. Apprendere i principali metodi di prevenzione della corrosione e le loro applicazioni.</p> <p>Gli studenti saranno in grado di applicare le conoscenze acquisite anche in nuove e diverse condizioni ambientali ed operative.</p>  |  |

|     |  |            |  |  |
|-----|--|------------|--|--|
|     |  |            | Comprendere gli aspetti multidisciplinari della corrosione ed integrare le conoscenze specifiche con quelle di altre discipline della Scienza dei Materiali.   |  |
| 9.  | Corrosion and Corrosion Protection                                     | ING-IND/22 | <p>To know and understand the main corrosion degradation phenomena and morphologies; to understand the electrochemical theoretical fundamentals and the main degradation mechanisms; to correlate corrosion phenomena to the main working environments; to know the main protection methods.</p> <p>Students can apply their knowledge and their problem solving abilities in new and broader environmental conditions even if different from those considered in the course.</p> <p>Students can understand the multidisciplinary aspects of corrosion science and integrate their knowledges with those of other disciplines in the Material Science context.</p>  |  |
| 10. | Dinamica dei sistemi meccanici   | ING-IND/13 | <p>Il corso fornisce le conoscenze necessarie a comprendere i principi basilari del fenomeno delle vibrazioni nei sistemi meccanici.</p> <p>Lo studente acquisirà la capacità di analizzare un sistema meccanico e di costruirne un modello dinamico adeguato, nonché la capacità di effettuare misure e acquisire dati sperimentali relativi alla dinamica del sistema oggetto di studio.</p> <p>Lo studente acquisirà inoltre la capacità di scegliere autonomamente la tecnica più adeguata per lo svolgimento delle suddette analisi, e a comunicare con argomentazioni opportune le motivazioni di tale scelta.</p> <p>Lo studente, infine, apprenderà un metodo che potrà utilizzare per l'analisi quantitativa di problematiche di natura dinamica relative a una vasta tipologia di sistemi meccanici, e di cui potrà servirsi per finalità progettuali.</p> |  |
| 10. | Dynamics and Vibrations  | ING-IND/13 | <p>The course provides the knowledge necessary to understand the basic principles of the phenomenon of vibrations in mechanical systems.</p> <p>The students will acquire the ability to analyze a mechanical system and to build an adequate dynamic model, as well as the ability to carry out measures and to acquire experimental data related to the system dynamics.</p> <p>The students will also acquire the ability to independently choose the most suitable technique to carry out the aforementioned analyzes, and to communicate with appropriate arguments the reasons for this choice.</p> <p>Finally, the students will learn a method that can be used for the quantitative analysis of problems of dynamics, related to a wide range of mechanical systems, which can be used for design purposes.</p>   |  |
| 11. | Dinamica e controllo delle macchine a fluido                           | ING-IND/08 | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Conoscere le modalità di regolazione di macchine e sistemi energetici; applicare principi e metodi di Controlli automatici a Macchine e sistemi energetici.</li> <li>- Sviluppare semplici modelli in transitorio e risolverli con tecniche numeriche; effettuare misure su macchine in funzionamento transitorio</li> <li>- Leggere con senso critico e spiegare i risultati numerici e sperimentali. Leggere con senso critico articoli tecnici e scientifici.</li> </ul>   |  |
| 11. | Dynamics and Control of Turbomachinery and Internal Combustion Engines | ING-IND/08 | <ul style="list-style-type: none"> <li>- To know how to control power plants and their components.</li> <li>- To apply the automatic control theory to power plants and their components.</li> </ul>   |  |



|     |                     |            |  |  |
|-----|---------------------|------------|--|--|
|     |                     |            | <ul style="list-style-type: none"> <li>- To develop easy transient models and to solve them by numerical techniques; to carry on experimental tests on transient phenomena.</li> <li>- To read with a critical eye (making judgements) and to explain clearly (communication skills) numerical and experimental results.</li> <li>- To read with a critical eye technical or research papers (learning skills).</li> </ul>   |  |
| 12. | Energetica Generale | ING/IND10  | <p>Il corso intende sviluppare le seguenti abilità:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Capacità di comprensione ed interpretazione dei bilanci energetici nazionali.</li> <li>- Capacità di comprensione ed interpretazione delle soluzioni migliori per la gestione della filiera energetica (per fossili, rinnovabili, nucleare).</li> <li>- Capacità di comprendere la gestione di un sistema energetico complesso.</li> <li>- Capacità di applicare le conoscenze alla valutazione di opzioni impiantistiche diverse per soddisfare un'utenza specifica.</li> <li>- Capacità di analizzare criticamente un problema multidisciplinare.</li> </ul>  |  |
| 12. | Energy Technologies | ING-IND/10 | <p>Acquired knowledge: fundamental knowledge required to understand an energy balance and to approach a correct use (from an energetic, economical and environmental point of view) of fossil and nuclear fuels, as well as renewable resources.</p> <p>Specific skills development:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- ability to analyze and compare different energy solutions for a given final use;</li> <li>- ability to look for energy saving solutions and efficiency improvement in industrial and residential use.</li> </ul>   |  |
| 13. | Exergy Analysis     | ING-IND/10 | <p>Il corso illustra i fondamenti dell'analisi exergetica, fornendo gli strumenti termodinamiche essenziali per - la conoscenza e comprensione delle cifre di merito delle prestazioni di impianti energetici.</p> <p>La capacità di sfruttare tali informazioni per la progettazione di impianti complessi, coinvolgenti diverse forme di energia (cogenerazione, cicli combinati, teleriscaldamento) e per la pianificazione energetica di sistema.</p>  |  |
| 13. | Exergy Analysis     | ING-IND/10 | <p>The course offers the fundamentals of exergy analysis, providing the essential thermodynamic tools for the understanding of the performance parameters of energy plants.</p> <p>The student will acquire the ability to exploit such information for the design of complex energy systems, including different energy sources (CHP, combined cycles, district heating) and global energy system planning.</p>   |  |
| 14. | Fonderia            | ING-IND/21 | <p>Il corso approfondisce la conoscenza dei processi di formatura in geometrie finite ed indefinite mediante solidificazione di metalli e loro leghe. Le teorie della solidificazione vengono presentate ed applicate nei loro casi più elementari, contribuendo a una migliore comprensione degli effetti dei processi di fonderia su strutture e difetti. Vengono date le basi per la realizzazione di modelli numerici nei processi di fonderia con richiami sulla metallurgia dei singoli processi, materiali, aspetti di qualità, trattamenti e impianti nella fonderia di: acciaio, ghisa, leghe di alluminio e rame. Vengono inquadrati nella stessa fenomenologia fisica la colata continua dei materiali ferrosi, con i principi fisici, la metallurgia, la tecnologia e le macchine.</p> |  |
| 14. | Foundry Processes   | ING-IND/21 | -  |  |

|     |                                     |            |  |  |
|-----|-------------------------------------|------------|--|--|
| 15. | Gestione degli Impianti Industriali | ING-IND/17 | <p>Il corso affronta le principali problematiche nella configurazione e gestione di un impianto industriale, con lo scopo di acquisire le seguenti capacità:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- saper calcolare la produttività di un impianto industriale e individuare le aree di intervento;</li> <li>- valutare l'affidabilità e manutenibilità di un impianto industriale;</li> <li>- conoscere e scegliere la politica di manutenzione adeguata ad un impianto industriale;</li> <li>- saper impostare uno studio di plant layout e conoscere i principali algoritmi risolutivi;</li> <li>- sapere scegliere la configurazione di stoccaggio e movimentazione più appropriata e saperne effettuare il dimensionamento di massima;</li> <li>- conoscere le diverse politiche di assignment e order picking nei magazzini industriali per ottimizzarne la gestione operativa.</li> </ul> <p>Gli studenti vengono educati ad impostare un'analisi di criticità di un impianto, a comunicarle in modo adeguato e documentato da opportuni indicatori, ad elaborare possibili soluzioni.</p>  |  |
| 15. | Facilities Planning                 | ING-IND/17 | <p>This course aims at providing students with fundamentals concerning engineering and management of industrial facilities:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- identifying factors affecting productivity of industrial facilities and potential improvements;</li> <li>- assessing reliability and maintainability of an industrial system, identifying proper methodologies for maintenance;</li> <li>- modelling a layout problem and solving it by well-known algorithms;</li> <li>- recognising configurations and control policies options of industrial warehouses and related material handling systems.</li> </ul>  |  |
| 16. | Impianti Meccanici                  | ING-IND/17 | <p>Il corso fornisce le conoscenze fondamentali, i criteri e i metodi matematici per la caratterizzazione e la progettazione degli impianti industriali meccanici produttivi e di servizio.</p> <p>L'insegnamento mira a far comprendere i principi teorici e gli strumenti per la descrizione tecnica, lo studio di fattibilità e la valutazione economica degli impianti e l'ottimizzazione dei relativi parametri di progetto.</p> <p>Lo studente acquisisce la capacità di applicare i principi e i metodi alla definizione di massima della capacità dei sistemi produttivi e al dimensionamento dei principali impianti meccanici al loro servizio, quali impianti di trasporto e sollevamento continuo e discontinuo, sistemi di conversione energetica, reti di distribuzione o recupero di fluidi.</p> <p>Capacità trasversali:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Sintesi e di analisi di sistemi ingegneristici complessi.</li> <li>- Capacità di integrazione delle conoscenze di varie discipline nella progettazione del sistema impianto.</li> <li>- Capacità di rilievo, schematizzazione funzionale e comunicazione tecnica attraverso tabelle e schemi grafici.</li> </ul> |  |
| 16. | Industrial Plant Engineering        | ING-IND/17 | <p>The course presents basic concepts in industrial engineering, mathematical methods (particularly: economic evaluation and optimization methods) and design approaches to support business objectives with production plant analysis and design.</p>   |  |

|     |                                |            |  |  |
|-----|--------------------------------|------------|--|--|
|     |                                |            | <p>The course intends to provide students with a general understanding of industrial facilities, as well as with fundamental engineering tools for technical survey and representation, for feasibility assessment and design parameter optimization.</p> <p>At the end of the course, students should be able to apply such tools to:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Optimize the size, layout and general features of production systems and to assess their economic performance in the long term.</li> <li>- Select and design proper material handling systems.</li> <li>- Plan and design pipeline bound service facilities.</li> <li>- Outline and evaluate energy and resource recovery systems.</li> </ul> <p>Students are also expected to refine transversal skills such as the ability to:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Develop synthetic and analytic vision of complex engineering systems.</li> <li>- Integrate knowledge from different engineering branches to solve design problems in industrial engineering.</li> <li>- Describe manufacturing systems, preparing functional schemes and communicating effectively with skilled personnel using proper language, tables and diagrams.</li> </ul>   |  |
| 17. | Impianti per la refrigerazione | ING/IND10  | <p>Il corso intende fornire le conoscenze necessarie per progettare, utilizzare, gestire, macchine e impianti per la refrigerazione che possono essere utilizzati in diversi ambiti dell'industria manifatturiera, quali ad esempio quella alimentare, chimica, metallurgica, meccanica, nelle conversioni di energia (pompe di calore), nelle applicazioni civili per esempio per il condizionamento dell'aria, nei trasporti a temperatura controllata.</p> <p>Sono impartite conoscenze sui sistemi termodinamici, sui fluidi frigorigeni, sui componenti e sulla regolazione, per costruire un quadro completo di competenze. Vengono inoltre forniti ed utilizzati strumenti di modellazione.</p> <p>Lo studente sarà in grado di analizzare le esigenze manifestate da un'applicazione, scegliere lo schema di impianto più consono, e affrontare la sua progettazione.</p> <p>Conoscerà e utilizzerà gli strumenti per effettuare una previsione di consumo energetico e di efficienza secondo le leggi e le normative. Sarà anche in grado di calcolare l'impatto ambientale dell'impianto progettato, e quindi indirizzare la scelta del fluido frigorigeno, dello schema di impianto e della logica di regolazione per soddisfare i limiti di emissione di sostanze a effetto serra e di consumo energetico vigenti o previsti nel futuro.</p> <p>Grazie alla modellazione potrà effettuare comparazioni tra soluzioni diverse, ottimizzazioni di configurazioni impiantistiche e schemi di regolazione, e mettere a punto tecniche di previsione dei guasti.</p> <p>Egli acquisirà quindi autonomia di giudizio nelle fasi di progettazione, ordine, installazione, collaudo, gestione e manutenzione degli impianti.</p> |  |
| 17. | Refrigerating Plants           | ING-IND/10 | <p>The aim is to provide the necessary background for the design, control and management of refrigerating/heat pump units and systems in various applications e.g. food processing storage and distribution, chemical processes, metallurgical and mechanical industry, refrigerated transport, as well as energy conversion in domestic, commercial and industrial applications e.g. air conditioning and space heating.</p>  |  |

|     |                       |            |   |  |
|-----|-----------------------|------------|---|--|
|     |                       |            | <p>Knowledge is broaden on thermodynamic systems, refrigerants, system components and control rules, in order to build a comprehensive level of knowledge.<br/>Modelling software will be supplied and used.<br/>The student will be able to analyse the requirements of an application, choose the most suitable system configuration and perform a preliminary design.<br/>The student will have the tools for an energy use and efficiency estimation, based on current practice, as well as for the estimation of the environmental impact of the system. These tools allow the choice of the best refrigerant, system configuration and control rules to comply with limits and requirements in terms of global warming and energy use.<br/>Modelling tools allow not only the comparison between different solutions, but also to set up preventive maintenance schemes and failure identification.<br/>The student will gain independent judgment skills at the design, installation, management, maintenance phase of refrigerating/heat pumps plants.</p>  |  |
| 18. | Impianti Termotecnici | ING-IND/10 | <p>L'obiettivo del corso è fornire agli studenti le conoscenze di base necessarie per la progettazione di impianti di climatizzazione invernale ed estiva per edifici civili, industriali e del terziario con riferimento alle tecnologie impiantistiche più recenti, alla normativa tecnica nazionale e internazionale del settore termotecnico e ai vincoli legislativi.</p> <p>Conoscenze da acquisire nel corso:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- modellizzazione termo-igrometrica dell'involucro edilizio;</li> <li>- modellizzazione dei carichi termici invernali ed estivi, sensibili e latenti negli edifici;</li> <li>- criteri per il dimensionamento e/o per la scelta dei componenti degli impianti di climatizzazione;</li> <li>- metodologie per il dimensionamento delle reti di distribuzione di fluido termovettore.</li> </ul> <p>Capacità acquisite relative alla disciplina:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- capacità di comprendere e usare la terminologia dell'impiantistica termotecnica</li> <li>- capacità di calcolare le dispersioni degli edifici e i consumi degli impianti di riscaldamento secondo la normativa;</li> <li>- capacità di progettare impianti di riscaldamento ad acqua;</li> <li>- capacità di sviluppare il progetto preliminare di impianti di climatizzazione ad acqua (ventilconvettori), ad aria e misti.</li> </ul> <p>Capacità trasversali: far confluire le conoscenze dei diversi settori dell'ingegneria (civile, energetica, elettronica) nelle scelte progettuali per sistemi impiantistici sempre più complessi che integrano componenti di competenza di diversi settori. Saper operare scelte impiantistiche equilibrate in presenza di opzioni contrastanti (tecniche ed economiche).</p> |  |
| 18. | Thermal Plants        | ING-IND/10 | <p>Objective of this course is providing students with the necessary background for the design of heating and air conditioning plants for civil, industrial and office buildings taking into account the most recent plant technologies, national and international technical regulations and legislative constraints.</p> <p>Acquired knowledge:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- modelling of thermal behaviour of the building envelope;</li> <li>- modelling of sensible and latent heating and cooling loads in buildings;</li> </ul>  |  |

|     |                                       |            |  |  |
|-----|---------------------------------------|------------|--|--|
|     |                                       |            | <ul style="list-style-type: none"> <li>- tools for sizing and/or selection of HVAC components;</li> <li>- methods for duct design.</li> </ul> <p>Acquired skills:</p> <p>ability to understand and use appropriate technical language;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- ability to assess the energy requirements of heating and air conditioning plants according to Standards;</li> <li>- ability to design the heating plants with radiators, fan coils and radiant panels;</li> <li>- ability to develop a HVAC rough design, select and/or size the components.</li> </ul> <p>Cross-cutting skills:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- apply the acquired knowledge in several engineering sectors (civil, energy, electronics) in the design of increasingly complex plant systems;</li> <li>- ability to compare several solutions and select the most appropriate plant in presence of competing issues (technical and economic).</li> </ul>   |  |
| 19. | Interazione e innovazione di prodotto | ING-IND/15 | <p>L'insegnamento tratta e approfondisce le metodologie e gli strumenti per l'innovazione di prodotto applicati in un'ottica di co-design, attuale evoluzione dell'approccio alla progettazione incentrato sull'utente (user centered design). Particolare enfasi è posta sull'interazione uomo-macchina (interaction design, usability evaluation and testing) e sull'innovazione sistematica (teoria TRIZ).</p> <p>Il tutto nell'intento di percorrere assieme agli studenti l'intero processo di progettazione, calato nel concreto su un caso di studio che verrà sviluppato con l'aiuto del docente e discusso all'esame.</p>   |  |
| 19. | Production Interaction and Innovation | ING-IND/15 | <p>This course deals with and goes deeper in methods and tools for product innovation applied using a co-design point of view, current evolution of the classic user-centered design.</p> <p>Emphasis is placed on interaction design, usability evaluation and testing, and systematic innovation (TRIZ theory).</p> <p>All of this in order to lead the students through the whole design process, made real thanks to a case study.</p>   |  |
| 20. | Meccatronica e robotica               | ING-IND/13 | <p>Il corso fornisce le conoscenze necessarie a comprendere i principi di funzionamento dei sistemi meccatronici (in particolare dei robot), le tecniche di modellazione di meccanismi tridimensionali, nonché le competenze utili all'analisi del comportamento di un sistema meccatronico dal punto di vista della parte elettrica e alla sua progettazione.</p> <p>Lo studente sarà in grado di costruire modelli cinematici di meccanismi spaziali e di utilizzarli per effettuare l'analisi cinematica diretta e inversa di robot e di sistemi meccatronici in genere, nonché la pianificazione di traiettorie degli stessi. Sarà inoltre in grado di costruire un modello dinamico del sistema meccatronico a partire dalla modellazione dinamica di ciascun componente e progettare gli schemi di regolazione.</p> <p>Egli acquisirà inoltre la capacità di scegliere autonomamente la tecnica più adeguata per lo svolgimento delle suddette attività, e di comunicare con argomentazioni opportune le motivazioni di tale scelta. Lo studente svilupperà anche la capacità di individuare in autonomia la componentistica necessaria (motore, azionamento, controllore, etc.) a seconda dello specifico campo di utilizzo richiesto. Tale scelta verrà motivata sulla base di criteri di efficienza e</p> |  |

|     |                           |            |   |  |
|-----|---------------------------|------------|---|--|
|     |                           |            | <p>economicità, criteri che lo studente sarà in grado di sintetizzare ed esporre in fase di stesura di un progetto.</p> <p>Lo studente, infine, apprenderà un metodo che potrà utilizzare per l'analisi quantitativa di problematiche relative ai sistemi meccatronici, e in particolare ai robot, di cui potrà servirsi per finalità progettuali. Apprenderà inoltre i principi del controllo dei sistemi meccatronici, ovvero strumenti per la soluzione di diversi problemi sia in campo specificamente ingegneristico che in altri campi.</p>   |  |
| 20. | Mechatronics and Robotics | ING-IND/13 | <p>The student will be able to build kinematic models of spatial mechanisms and use them to perform the direct and inverse kinematic analysis of a robot (or, in general, of a mechatronic system), as well as to perform trajectory planning for the same devices. Moreover, starting from every single macro-component, the student will develop the capabilities to build a dynamic model of the overall system and design its control system. He will also acquire the ability to autonomously choose the most suitable technique for carrying out such activities, and to communicate, with appropriate arguments, the reasons for his choices.</p> <p>The student will also develop the ability to independently identify the best control components (motor, drives, controller, etc.) according to the specific use requirements. This choice will be motivated on the basis of efficiency and cost-effectiveness criteria.</p> <p>The student will be able to synthesize such criteria and provide all the necessary information and motivation during the drafting of a project. Moreover, the student will learn a method that may be used for the quantitative analysis of problems related to mechatronic systems, (in particular to robots), and will be able to use it for design purposes.</p> <p>The student will also learn the principles of control of mechatronic systems, namely new tools for solving many types of problems, both in the engineering field and in other fields.</p>                                       |  |
| 21. | Metallurgia               | ING-IND/21 | <p>Questo Corso di Metallurgia è sostanzialmente un compromesso tra l'insegnamento tradizionale a livello accademico della Metallurgia e il piu' recente metodo Calphad e le sue applicazioni nel settore della metallurgia. Nel corso si usera' in modo estensivo il software disponibile (gratis fino a tre componenti): Pandat Software (<a href="http://www.computherm.com/ultima/o">http://www.computherm.com/ultima/o</a> pubblicazione/lancio nel gennaio 2017) per calcoli relativi a: diagrammi di fase binari ternari, curve di solidificazione, stima delle proprietà fisiche dei metalli attraverso metodologie di tipo statistico, stime delle proprietà termofisiche delle leghe metalliche liquide. Diversi ebook disponibili in biblioteca e la collezione di articoli di sciencedirect permettono di affrontare tematiche specifiche rispettivamente di metallurgia fisica e degli sviluppi più recenti che possano essere di interesse per il corso e/o lo studente</p> <p>Obiettivi del corso:<br/>Lo studente otterrà una comprensione più generale della materia imparando a usare un software basato su metodi CALPHAD e potrà acquisire una certa sensibilità alle proprietà fisiche delle leghe metalliche, troppo spesso oggi acriticamente accettate nell' utilizzo di software di simulazione basato sugli elementi finiti.</p> <p>La comprensione della materia verrà ottenuta anche usando altri software ad uso generale (come Matlab o Maple) e risolvendo alcuni problemi proposti dal libro di testo o dalla</p> |  |

|     |                              |            |   |  |
|-----|------------------------------|------------|---|--|
|     |                              |            | sperimentazione/progettazione in corso, attualmente nel campo della colata di leghe semisolide, sia per reo-colata che per tixo-formatura. In particolare, verranno evidenziate le possibilità di valutare correttamente le informazioni di tipo termodinamico per la valutazione delle strutture di rapida solidificazione, nel caso specifico di: colata continua, colata in stampo chiuso, 3d printing di metalli con fasci di energia   |  |
| 21. | Metallurgy                   | ING-IND/21 | <p>This Course on Metallurgy is basically a compromise between the good old school of teaching Metallurgy and new available (free for up to three components!) software Pandat Software (<a href="http://www.computherm.com/">http://www.computherm.com/</a> last release October 2014) for phase diagram calculations.</p> <p>Course objectives</p> <p>The student will be able to have a deeper understanding of the subject by learning to use a Calphad based software, Pandat. Understanding of the subject will be obtained also by using other general purpose software like Matlab or Maple) and by solving some the problems the textbook proposes.</p>  |  |
| 22. | Motori a combustione interna | ING-IND/08 | <p>Il corso si propone di:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- ampliare le conoscenze teoriche e tecniche sui motori alternativi a combustione interna (MCI), sviluppando le nozioni fondamentali impartite nel corso di "Macchine" della laurea triennale;</li> <li>- aumentare la capacità di comprensione degli sviluppi più recenti delle tematiche inerenti i MCI;</li> <li>- fornire strumenti interpretativi che consentano di applicare le nozioni sui MCI e risolvere problemi anche in contesti nuovi e in ambito interdisciplinare;</li> <li>- favorire l'integrazione delle conoscenze sui MCI con quelle più ampie dell'Ingegneria Meccanica, onde promuovere la capacità di formulare giudizi fondati in ambiti complessi anche sulla base di informazioni incomplete o limitate;</li> <li>- impartire le nozioni sui MCI con costante riferimento ai loro fondamenti fisici e con un'articolazione strutturata e ragionata dei diversi argomenti, onde rafforzare anche la capacità degli studenti di comunicare tali conoscenze in modo chiaro e rigoroso;</li> <li>- migliorare le capacità di apprendimento degli studenti in modo da consentire loro di approfondire gli argomenti del corso in modo autonomo.</li> </ul> |  |
| 22. | Internal Combustion Engines  | ING-IND/08 | <p>This course aims at:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- increasing the theoretical and technical knowledge on reciprocating internal combustion engines (ICE), by extending the basic concepts introduced in the first-cycle course of "Macchine";</li> <li>- enhancing the capability of understanding the most recent developments of ICE topics;</li> <li>- providing interpretative tools that allow the students to apply their knowledge on ICE and to solve related problems also in new and interdisciplinary contexts;</li> <li>- promoting the integration of knowledge on ICE within the broader context of Mechanical Engineering, in order to enhance the ability to handle complexity and formulate judgments also with incomplete or limited information;</li> <li>- imparting notions on ICE with continuous reference to their physical fundamentals and relying on a structured and reasoned discussion of the topics, so as to strengthen students' ability to communicate their knowledge in a clear and rigorous way;</li> <li>- enhancing students' learning skills, so as to allow them to deepen the course topics in an autonomous way.</li> </ul>  |  |

|     |  |            |  |  |
|-----|--|------------|--|--|
| 23. | Ottimizzazione                                       | ING-INF/04 | <p>Il corso introduce la teoria dell'ottimizzazione in spazi a dimensione finita e i principali algoritmi per la ricerca di minimi.</p> <p>Obiettivi del corso sono la comprensione dei problemi di ottimizzazione statica e dinamica e la capacità di applicare in maniera adeguata le conoscenze acquisite per risolvere problemi di ottimizzazione.</p> <p>Lo studente acquisisce autonomia nel giudicare se un problema di ottimizzazione è ben posto, sviluppa l'abilità di comunicare i risultati della teoria dell'ottimizzazione e la soluzione di un problema di ottimizzazione ed affina le capacità di apprendere le tecniche per modellare un problema di ottimizzazione statica e dinamica.</p>   |  |
| 23. | Optimization   | ING-INF/04 | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Knowledge and comprehension of the problems concerning both static and dynamic optimization.</li> <li>- Ability of applying the suitable theory to solve optimization problems.</li> <li>- Autonomy in judging if an optimization problem is well posed.</li> <li>- Ability of communicating the results of the theory of optimization and the solution of an optimization problem.</li> <li>- Ability of learning useful techniques to model an optimization problem.</li> </ul>   |  |
| 24. | Principi e metodologie della progettazione meccanica | ING-IND/14 | <p><u>Conoscenza e comprensione</u><br/>Il corso intende fornire strumenti avanzati per il progetto e la verifica degli organi delle macchine.</p> <p><u>Capacità di applicare conoscenza e comprensione</u><br/>Le strategie proposte consentono la risoluzione di tipici problemi industriali quali recipienti in pressione, organi rotanti e componenti sollecitati termomeccanicamente. È prevista un'attività di laboratorio per l'applicazione delle metodiche di calcolo tramite tecniche agli elementi finiti.</p> <p><u>Capacità trasversali</u><br/>Identificare, formulare e risolvere problemi legati alla progettazione industriale; redigere e interpretare diagrammi rappresentativi dello stato di tensione e deformazione di componenti meccanici; utilizzare tecniche avanzate per la simulazione del comportamento meccanico di organi di macchine.</p> |  |
| 24. | Principles and Methodology of Mechanical Design      | ING-IND/14 | <p><u>Knowledge and understanding</u><br/>Knowledge of advanced methods for the design of mechanical component.</p> <p><u>Ability to apply knowledge and understanding</u><br/>The proposed strategies allow the resolution of typical industrial problems such as pressure vessels, rotating disks and thermo-mechanically stressed components. A laboratory activity for the application of the calculation methods using finite element techniques will be also held.</p> <p><u>Transversal competences</u><br/>Identify, formulate and solve problems related to industrial design ; draw and interpret diagrams representative of stress and strain state of mechanical components ; use advanced techniques for the simulation of the mechanical behavior of mechanical parts.</p>   |  |
| 25. | Progettazione assistita di strutture meccaniche      | ING-IND/14 | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Conoscenza dei moderni metodi assistiti dal calcolatore per studiare il comportamento meccanico di organi meccanici.</li> <li>- Capacità di utilizzare strumenti di calcolo strutturale meccanico assistiti dal calcolatore.</li> <li>- Comprensione della teoria degli elementi finiti.</li> <li>- Capacità di applicare la teoria per risolvere esercizi.</li> <li>- Autonomia nel giudicare la correttezza della soluzione fornita da un codice di calcolo.</li> </ul>   |  |



|     |  |            |  |  |
|-----|--|------------|--|--|
|     |  |            | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Abilità di comunicare in modo chiaro e logico gli argomenti imparati.</li> <li>- Acquisizione di un metodo di studio adeguato per capire ed apprendere gli argomenti proposti nell'insegnamento ma anche nuovi argomenti ad essi correlati.</li> </ul>  |  |
| 25. | Computer Aided Design of Mechanical Structures | ING-IND/14 | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Knowledge of the modern Computer Aided methods to study the mechanical behavior of mechanical component. In particular the following capabilities will be achieved.</li> <li>- Capability of using computer aided tools for mechanical design.</li> <li>- Comprehension of the main concepts regarding the Finite Element Method.</li> <li>- Capability of using theory to solve exercises.</li> <li>- To be autonomous in judging the correctness of a solution given by a numerical code.</li> <li>- Competence in describing in a clear and logic way the learnt topics.</li> <li>- Acquisition of a learning method suitable to understand the proposed topics and also new related arguments.</li> </ul>   |  |
| 26. | Progetto di macchine                           | ING-IND/08 | <p>Il corso si propone di:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- ampliare le conoscenze teoriche e tecniche sulle turbomacchine, sviluppando le nozioni fondamentali impartite nel corso di "Macchine" della laurea triennale;</li> <li>- aumentare la capacità di comprensione degli sviluppi più recenti delle turbomacchine;</li> <li>- fornire strumenti interpretativi che consentano agli studenti di applicare le nozioni sulle turbomacchine e di risolvere problemi anche in contesti nuovi e in ambito interdisciplinare;</li> <li>- favorire l'integrazione delle conoscenze sulle turbomacchine con quelle più ampie dell'Ingegneria Meccanica, onde promuovere la capacità di formulare giudizi fondati in ambiti complessi anche sulla base di informazioni incomplete o limitate;</li> <li>- impartire le nozioni sulle turbomacchine con costante riferimento ai loro fondamenti fisici e con un'articolazione strutturata e ragionata dei diversi argomenti, onde rafforzare anche la capacità degli studenti di comunicare tali conoscenze in modo chiaro e rigoroso;</li> <li>- migliorare le capacità di apprendimento degli studenti in modo da consentire loro di approfondire gli argomenti del corso in modo autonomo.</li> </ul> |  |
| 26. | Design of Turbomachinery                       | ING-IND/08 | <p>This course aims at:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- increasing the theoretical and technical knowledge on turbomachinery, by extending the basic concepts introduced in the first-cycle course of "Macchine";</li> <li>- enhancing the capability of understanding the most recent developments of turbomachinery;</li> <li>- providing interpretative tools that allow the students to apply their knowledge on turbomachinery and to solve related problems also in new and interdisciplinary contexts;</li> <li>- promoting the integration of knowledge on turbomachinery within the broader context of Mechanical Engineering, in order to enhance their ability to handle complexity and make judgements also with incomplete or limited information;</li> <li>- imparting notions on turbomachinery with continuous reference to their physical fundamentals and relying on a structured and reasoned discussion of the topics, so as to strengthen students' ability to communicate their knowledge in a clear and rigorous way;</li> </ul>   |  |

|     |   |            |  |  |
|-----|---|------------|--|--|
|     |   |            | <ul style="list-style-type: none"> <li>– enhancing students' learning skills, so as to allow them to deepen the course topics in an autonomous way.</li> </ul>   |  |
| 27. | Scienza e tecnologia dei materiali ceramici   | ING-IND/22 | <p>Il corso fornisce la conoscenza del ciclo globale di produzione di ceramici per applicazioni ingegneristiche tramite sinterizzazione di polveri.</p> <p>Conoscenze e capacità da acquisire durante il corso:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– conoscenza delle caratteristiche globali dei materiali ceramici, dei loro campi di applicazione, dei loro limiti strutturali;</li> <li>– capacità di capire se un materiale tradizionale può essere sostituito da un ceramico tradizionale o avanzato.</li> </ul> <p>Capacità trasversali: sulla base del confronto delle proprietà dei materiali ceramici, dei metalli, delle materie plastiche e dei relativi compositi, lo studente sarà in grado di valutare la possibilità di progettare materiali adatti a specifiche applicazioni.</p> |  |
| 27. | Science and Technology of Ceramics            | ING-IND/22 | <p>The course supplies technologic informations about the preparation of ceramics by powders sintering which lead to the production of materials for engineering applications.</p> <p>As a consequence, students shall be aware about their structural performances, their application limits and be able to evaluate if some other engineering materials could be replaced by the use of traditional or advanced ceramics.</p>  |  |
| 28. | Scienza e tecnologia dei materiali compositi  | ING-IND/22 | <p>Conoscere i materiali compositi ed il loro impiego.</p> <p>Gli studenti saranno in grado di applicare le conoscenze acquisite anche in nuove e diverse condizioni operative e progettuali.</p> <p>Comprendere gli aspetti multidisciplinari della materia ed integrare le conoscenze specifiche con quelle di altre discipline della Scienza dei Materiali.</p>   |  |
| 28. | Science and Technology of Composite Materials | ING-IND/22 | <p>Know the composite materials and thier applications.</p> <p>The students will be able to apply the acquired knowledge on different several operations and design conditions.</p> <p>Understand the multitasking aspects of the subject and integrate the specific knowledge of the material science and engineering.</p>  |  |
| 29. | Scienza tecnologia dei materiali polimerici   | ING-IND/22 | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Conoscenza dei concetti fondamentali e delle reazioni di polimerizzazione.</li> <li>– Conoscenza delle proprietà meccaniche, viscoelastiche, termiche, elettriche e ottiche dei polimeri in relazione con la loro struttura.</li> <li>– Apprendimento delle principali tecnologie di trasformazione dei materiali polimerici.</li> <li>– Gli studenti saranno in grado di applicare le conoscenze acquisite per la scelta dei materiali polimerici in base alle applicazioni.</li> <li>– Integrazione delle conoscenze acquisite con quelle di altre discipline della Scienza dei Materiali</li> </ul>  |  |
| 29. | Polymers Science and Technology               | ING-IND/22 | <p>Skills related to the course</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Knowledge of basic concepts and polymerization reactions.</li> <li>– Knowledge of mechanical, viscoelastic, thermal, electrical and optical properties of polymers as a function of their structure.</li> <li>– Knowledge of the main transformation technologies for polymers.</li> <li>– Applying the acquired knowledge for the selection of polymeric materials for specific applications.</li> </ul>   |  |

|     |   |            |  |  |
|-----|---|------------|--|--|
|     |   |            | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Integration of the acquired knowledge with those of other disciplines in the Materials Science context.</li> </ul> <p>Other skills</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Making judgements</li> <li>- Communication skills</li> <li>- Learning skills</li> </ul>   |  |
| 30. | Siderurgia                                    | ING-IND/21 | <p>Il corso presenta dapprima una panoramica trasversale – ampiamente basata su programmi di simulazione online disponibili – dei diversi impianti siderurgici esistenti, in modo da dare una conoscenza operativa, seppur superficiale, di tutti i principali processi siderurgici. In una seconda fase, i principi dei processi che conducono alla fabbricazione degli acciai, vengono ridiscussi con un'enfasi sui fondamenti della chimica fisica siderurgica.</p> <p>Gli obiettivi specifici sono quelli classici di un corso di siderurgia: una descrizione del ciclo integrale ed una più dettagliata analisi dei processi di fabbricazione al forno elettrico, della metallurgia secondaria e della colata continua, con argomenti specifici di laminazione che esulano dai corsi del settore ING IND /16.</p>   |  |
| 30. | Steelmaking                                   | ING-IND/21 | -  |  |
| 31. | Sistemi di impiantistica industriale          | ING-IND/17 | <p>Il corso analizza le problematiche di configurazione e gestione dei sistemi impiantistici industriali, al fine di:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- saper affrontare il problema di ubicazione di un impianto, scegliendo il modello matematico più adeguato;</li> <li>- conoscere, configurare e gestire sistemi impiantistici avanzati in ambito logistico-produttivo (crossdocks, assembly lines, sistemi autobilanciati);</li> <li>- saper individuare e promuovere soluzioni impiantistiche multi-azienda, modellizzare un sistema simbiotico industriale;</li> <li>- valutare la sicurezza di un sistema industriale e individuare le aree di possibile intervento.</li> </ul> <p>Gli studenti vengono educati al lavoro di gruppo, alla progettazione e realizzazione di simulazioni fisiche, a presentare il proprio lavoro di analisi e di elaborazione di soluzioni in modo efficace.</p> |  |
| 31. | Industrial Systems Engineering and Management | ING-IND/17 | <p>The course analyses main design and planning issues of industrial systems, aiming at:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Adopting the proper model/tool to locate an industrial facility.</li> <li>- Designing and planning advanced industrial facilities: assembly lines, crossdocks, self-organising systems.</li> <li>- Enabling facilities management for multiple firms and industrial symbiosis.</li> <li>- Analysing system safety and managing related risk.</li> </ul> <p>Students are trained to team working, to plan and realise physical simulations, to properly present and discuss analyses, possible solutions and results.</p>   |  |
| 32. | Sistemi per la produzione di energia          | ING-IND/09 | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Conoscenze da acquisire nel corso: conoscenze approfondite sui sistemi energetici, impianti di produzione di energia idro-elettrici, a vapore, turbine a gas e cicli combinati, impianti termo-nucleari. Nel dettaglio, comportamento funzionale delle macchine, problemi inerenti la loro installazione e regolazione, diverse configurazioni impiantistiche e prestazioni ottenibili.</li> <li>- Capacità acquisite relative alla disciplina: approfondire il funzionamento degli impianti energetici; confrontare le diverse soluzioni tecniche e scegliere le soluzioni ottimali; prevedere il comportamento funzionale degli</li> </ul>  |  |

|     |   |            |  |  |
|-----|---|------------|--|--|
|     |   |            | <p>impianti energetici e gestire la loro regolazione; prevedere le emissioni inquinanti e valutare l'impatto ambientale.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Capacità trasversali: comprendere sistemi ingegneristici complessi integrando le conoscenze specifiche con quelle di altre discipline, sviluppare autonomia di giudizio e confronto su prestazioni e caratteristiche di sistemi meccanici complessi; acquisire un linguaggio tecnico per illustrare il funzionamento dei sistemi meccanici-energetici.</li> </ul>  |  |
| 32. | Energy Production Systems   | ING-IND/09 | <p>The course provides Environmental and Energy engineers and Management engineers with in-depth knowledge of energy systems and their management in the current electricity market, focusing in detail on the different system configurations, on the performance achievable and assessing the consequent environmental impact.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Knowledge to be acquired in the course: acquisition of tools and methods to execute the correct planning and management of energy systems, of in-depth knowledge on energy systems, such as steam energy production plants, gas turbines and combined cycles, and cogeneration plants. In detail, acquisition of knowledge on the functional behavior of the machines, on the problems inherent in their installation and regulation, on the different system configurations and performance achievable, in relation to the liberalization of the electricity market.</li> <li>– Acquired skills related to the discipline: deepen the operation of energy plants; compare the different technical solutions and choose the best solutions also in relation to market conditions; predict the functional behavior of energy plants and manage their regulation; predict polluting emissions and evaluate the environmental impact.</li> <li>– Transversal skills: to understand complex engineering systems by integrating specific knowledge with those of other disciplines, to develop independent judgment and comparison on performances and characteristics of complex energy systems; acquire knowledge to evaluate the economic and environmental implications related to the different configurations of energy systems.</li> </ul> |  |
| 33. | Sperimentazione sulle macchine e i sistemi energetici                         | ING-IND/09 | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Conoscenze di base sulle metodologie per eseguire delle misure su macchine a fluido, sistemi energetici e loro componenti e, più in generale, svolgere un'attività di sperimentazione su problematiche in ambito termo-fluido dinamico.</li> <li>– Competenze generali sulla teoria delle misure e dell'errore associato.</li> <li>– Nozioni generali sui sistemi e metodologie di acquisizione ed elaborazioni dati sperimentali.</li> <li>– Sviluppare autonomia nel valutare l'approccio sperimentale, le tecniche di misura da usare, la modalità di elaborazione e presentazione dei dati in relazione ad uno specifico problema.</li> </ul>   |  |
| 33. | Experimental Methodologies for Flow Machineries and Energy Conversion Systems | ING-IND/09 | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Basic knowledge on experimental methodology and instrumentation to perform measurements on flow machinery and energy conversion system or, more in general, to perform experimental activity on thermo-fluid dynamic problems.</li> <li>– Basic knowledge about measurement theory and associate errors.</li> </ul>   |  |

|     |  |            |   |  |
|-----|--|------------|---|--|
|     |  |            | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Basic knowledge on experimental data acquisition and processing.</li> <li>- Acquire skills that will enable the possibility to identify the correct experimental approach, the kind of measurement techniques and the way the data are processed and presented for a given problem.</li> </ul>   |  |
| 34. | Struttura e proprietà meccaniche dei materiali   | ING-IND/22 | <p>Capacità relative alla disciplina</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Conoscenza e comprensione delle principali tecniche sperimentali relative allo studio della microstruttura, della composizione chimica e delle proprietà meccaniche dei materiali.</li> <li>- Conoscenza e comprensione della relazione tra microstruttura e proprietà meccaniche per le principali classi di materiali (metalli, polimeri, ceramici e compositi).</li> </ul> <p>Capacità di applicare conoscenza e comprensione ad esempi pratici di caratterizzazione di microstruttura e proprietà meccaniche delle principali classi di materiali.</p> <p>Capacità trasversali:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Autonomia di giudizio.</li> <li>- Abilità comunicative.</li> <li>- Capacità di apprendimento.</li> </ul> |  |
| 34. | Structure and Mechanical Properties of Materials | ING-IND/22 | <p>Skills related to the course:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Knowledge and understanding about the main experimental techniques for the investigation of microstructure, chemical composition and mechanical properties of materials</li> <li>- Knowledge and understanding about the relation between microstructure and mechanical properties of different types of materials (metals, polymers, ceramics and composites)</li> <li>- Applying knowledge and understanding to examples of characterization of microstructure and mechanical properties for the main types of materials</li> </ul> <p>Other skills:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Making judgements</li> <li>- Communication skills</li> <li>- Learning skills</li> </ul>   |  |

|     |                                      |            |  |  |
|-----|--------------------------------------|------------|--|--|
| 34. | Tecnica delle Costruzioni Meccaniche | ING-IND/14 | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Conoscenze da acquisire nel corso: approfondimento della teoria della trave per casi semplici di sollecitazione e della teoria dell'elasticità (calcolo a rigidità e soluzione di strutture iperstatiche), criteri di progettazione dei collegamenti saldati e bullonati (con particolare riferimento all'impiego di normative).</li> <li>- Capacità di applicare le conoscenze: apprendere le metodologie del calcolo strutturale per la trave soggetta a casi semplici di sollecitazione (flessione, forza normale eccentrica, taglio, torsione) e nel calcolo di strutture iperstatiche; apprendere i criteri di progettazione e verifica dei collegamenti saldati e bullonati secondo la normativa vigente.</li> <li>- Capacità trasversali: affrontare il calcolo strutturale e la progettazione di sistemi meccanici, integrando le conoscenze specifiche con quelle di altre discipline; acquisire le competenze tecniche per la progettazione dei collegamenti secondo normativa.</li> </ul>  |  |
| 34. | Advanced machine Design              | ING-IND/14 | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Skills learned by the course: detailed study of beam theory for simple loading cases and of theory of elasticity (stiffness analysis and solution of statically indeterminate structures), design criteria for welded and bolted joints (with particular focus on the use of design codes).</li> <li>- Ability to apply the skills: learn the approaches for structural analysis for the beam subjected to simple load cases (bending, eccentric normal force, shear, torsion) and for the analysis of statically indeterminate structures; learn the design criteria for welded and bolted joints according to existing regulations.</li> <li>- Cross-field skills: to approach the structural analysis and the design of mechanical systems by combining specific skills with those of other disciplines; to learn technical skills for the design of joints according to existing regulations.</li> </ul>  |  |
| 35. | Tecnologie Metallurgiche             | ING-IND/21 | <p>Il corso si articola su diverse aree formative:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Cenni sulla siderurgia dell'acciaio.</li> <li>- Cenni sulla lavorazione dei metalli, con maggiore attenzione ai processi di deformazione plastica.</li> <li>- Introduzione ai trattamenti termici e alle trasformazioni allo stato solido degli acciai.</li> <li>- Cenni sull'ingegneria delle superfici e dei trattamenti superficiali antiusura.</li> <li>- Cenni sulla metallurgia delle polveri.</li> <li>- Cenni sulle saldature, saldobrasature e brasature.</li> <li>- Introduzione alle leghe non ferrose.</li> <li>- Metodi di produzione metalli innovativi.</li> </ul> <p>Capacità relative alla disciplina</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Conoscenza e comprensione dei principali fenomeni metallurgici che avvengono nei principali processi tecnologici/produttivi.</li> <li>- Capacità di scelta del processo produttivo in funzione della destinazione d'uso finale del metallo prodotta.</li> </ul> <p>Capacità di applicare le conoscenze per migliorare la qualità del prodotto finito, condizionando i processi tecnologici in funzione delle performance finali del materiale.</p> <p>Capacità trasversali:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Autonomia di giudizio, relativa al materiale lavorato e al processo.</li> <li>- Abilità comunicative, attraverso l'acquisizione di nuova terminologia tecnica appropriata.</li> </ul> |  |
| 35. | Metallurgical Technologies           | ING-IND/21 | <p>The course is planned on several areas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Steelmaking processes.</li> </ul>  |  |

|     |                                  |            |  |  |
|-----|----------------------------------|------------|--|--|
|     |                                  |            | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Metal working by plastic deformation.</li> <li>- Heat treatments of metals and solid state transformations.</li> <li>- Surface engineering and anti-wear treatments.</li> <li>- Powder metallurgy.</li> <li>- Welding technologies and processes.</li> <li>- Introduction to nonferrous alloys.</li> <li>- Innovative metal production technologies.</li> </ul> <p>Main goals of the course</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Understand and knowledge of metallurgical phenomena involved in the main production processes of metals.</li> <li>- Improved capacity to select the production process in function of the final use of the produced metal.</li> </ul> <p>The acquired knowledges will be used to increase the material quality, by using appropriately the production processes.</p> <p>Other skills:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Making judgements in function of the process and the material quality,</li> <li>- Communication skills, trough the use of an appropriate technical vocabouлары related to the discipline.</li> </ul>  |  |
| 36. | Termofluidodinamica Applicata    | ING/IND10  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Conoscenze da acquisire nel corso: conoscenze che vanno a completare quelle impartite nei corso di Fisica tecnica, in particolare, per quanto riguarda il deflusso di fluidi comprimibili (isoentropico, adiabatico con attrito, senza attrito ma con scambio termico, onde d'urto) e il dimensionamento degli scambiatori di calore, a cui si aggiungono nozioni teorico-pratiche di base necessarie per l'utilizzo dei codici di calcolo nella soluzione numerica di problemi pratici di deflusso di fluidi e di scambio termico per convezione (fondamenti del metodo dei volumi finiti e di quello degli elementi finiti con riferimento alle applicazioni di termofluidodinamica).</li> <li>- Capacità acquisite relative alla disciplina: analisi del moto dei fluidi comprimibili in deflussi isoentropici, con attrito o con scambio termico e di fenomeni di urto elementari; conoscenza delle principali tipologie di scambiatori di calore e dei metodi di dimensionamento e verifica; nozioni fondamentali sui metodi di soluzione ai volumi finiti e agli elementi finiti e capacità di utilizzo di un codice di calcolo per la soluzione di problemi di termofluidodinamica.</li> <li>- Capacità trasversali: sviluppare autonomia di giudizio e capacità progettuali di carattere generale da utilizzare anche nell'ambito di altre discipline di tipo ingegneristico; acquisire le capacità di base ed il linguaggio tecnico, in italiano ed in inglese, per poter condurre simulazioni numeriche di interesse ingegneristico.</li> </ul> |  |
| 36. | Applied Thermal – Fluid Dynamics | ING-IND/10 | <p><u>Acquired knowledge</u><br/> Knowledge on some topics that cannot be dealt with in the courses of applied thermodynamics and heat transfer, concerning, in particular, flow of compressible fluids (gasdynamics) and sizing of heat exchangers. In addition, theoretical and practical notions necessary for using computer codes for the numerical solution of practical flow and heat transfer problems (fundamentals of finite volume and finite element methods for thermal-fluid dynamics applications).</p> <p><u>Acquired skills</u><br/> Analysis of compressible isentropic flows, flows with friction or heat transfer and of simple shock phenomena; selection of heat exchangers and sizing of shell-and-tube heat</p>  |  |

|  |  |  |   |  |
|--|--|--|---|--|
|  |  |  | <p>exchangers; fundamentals of the finite volume and finite element methods and ability to use a computer code for the numerical solution of thermal-fluid dynamic problems.</p> <p><u>Transversal skills</u><br/>Development of independence of judgement and general design capabilities to be used also within other engineering branches; acquisition of basic skills and technical language, both in Italian and English, to be able to carry out numerical simulations of engineering interest.</p> |  |
|--|--|--|---|--|