

Università	Politecnico di TORINO
Classe	LM-30 R - Ingegneria energetica e nucleare
Nome del corso in italiano	Ingegneria energetica e nucleare <i>modifica di:</i> <i>Ingegneria energetica e nucleare (1424811)</i>
Nome del corso in inglese	Energy and Nuclear Engineering
Lingua in cui si tiene il corso	italiano, inglese
Codice interno all'ateneo del corso	32554
Data di approvazione della struttura didattica	16/12/2024
Data di approvazione del senato accademico/consiglio di amministrazione	30/01/2025
Data della consultazione con le organizzazioni rappresentative a livello locale della produzione, servizi, professioni	18/01/2010 -
Data del parere favorevole del Comitato regionale di Coordinamento	
Modalità di svolgimento	a. Corso di studio convenzionale
Eventuale indirizzo internet del corso di laurea	https://www.polito.it/corsi/32-36
Dipartimento di riferimento ai fini amministrativi	ENERGIA
EX facoltà di riferimento ai fini amministrativi	
Massimo numero di crediti riconoscibili	24 - max 24 CFU, da DM 931 del 4 luglio 2024

Obiettivi formativi qualificanti della classe: LM-30 R Ingegneria energetica e nucleare

a) Obiettivi culturali della classe

I corsi della classe hanno l'obiettivo di formare laureate e laureati specialisti in ingegneria energetica e nucleare, con approfondite conoscenze interdisciplinari, in grado di inserirsi nel mondo del lavoro in posizioni di responsabilità. Le laureate e i laureati magistrali dovranno essere in grado di ideare, pianificare, progettare e gestire opere, sistemi, impianti e servizi negli ambiti di interesse dell'ingegneria energetica e nucleare, e in particolare dovranno:- conoscere gli aspetti teorico-applicativi della matematica e delle altre scienze di base, conoscere approfonditamente gli aspetti teorico-scientifici dell'ingegneria, sia in generale sia in modo specifico le tematiche dell'ingegneria energetica e nucleare, ed essere capaci di utilizzare tali conoscenze per identificare, formulare e risolvere problemi complessi che richiedono un approccio interdisciplinare;

- avere le competenze per lo sviluppo e l'utilizzo di fonti energetiche rinnovabili e nucleari a basse emissioni e delle tecnologie innovative per la minimizzazione dell'impatto ambientale del settore energetico;
- essere capaci di utilizzare le tecnologie dell'informazione per l'elaborazione e l'interpretazione dei dati ottenuti dal monitoraggio di sistemi energetici e nucleari, per ottimizzarne le prestazioni;
- essere in grado di ideare, realizzare e utilizzare consapevolmente modelli fisici, matematici, digitali e numerici per l'analisi e la progettazione di componenti, dispositivi e sistemi di interesse in ambito energetico e nucleare;
- avere padronanza del metodo scientifico di indagine e delle strumentazioni di laboratorio ed essere capaci di progettare e gestire esperimenti di elevata complessità;
- avere conoscenze nel campo dell'organizzazione aziendale e dell'etica professionale.

b) Contenuti disciplinari indispensabili per tutti i corsi della classe

I corsi di laurea magistrale della classe comprendono attività finalizzate all'acquisizione di conoscenze avanzate nelle discipline caratterizzanti dell'ingegneria energetica e nucleare, quali, ad esempio, il funzionamento, la progettazione, il disegno e la costruzione, la gestione, la sperimentazione e il collaudo di impianti e sistemi per la trasformazione e la distribuzione dell'energia. I corsi e i curricula in ingegneria nucleare comprendono attività finalizzate all'acquisizione di conoscenze avanzate nel campo degli impianti nucleari e dei sistemi che fanno uso di radiazioni nucleari, ionizzanti e plasmi.

c) Competenze trasversali non disciplinari indispensabili per tutti i corsi della classe

Le laureate e i laureati magistrali nei corsi della classe devono:- saper comunicare efficacemente, in forma scritta e orale, con particolare riferimento al lessico proprio delle discipline scientifiche e ingegneristiche;

- avere capacità relazionali e decisionali ed essere in grado di operare in gruppi di lavoro;
- essere in grado di interagire con gruppi di lavoro interdisciplinari mediante la conoscenza dei diversi linguaggi tecnico-scientifici e dei metodi della comunicazione;
- essere in grado di operare in contesti aziendali e professionali;
- essere in grado di prevedere e gestire le implicazioni delle proprie attività in termini di sostenibilità ambientale;
- essere in grado di promuovere e gestire la digitalizzazione dei processi, sia nell'ambito industriale sia in quello dei servizi.

d) Possibili sbocchi occupazionali e professionali dei corsi della classe

I principali sbocchi occupazionali per le laureate e i laureati magistrali della classe sono quelli dell'innovazione e dello sviluppo della produzione, della progettazione avanzata, della pianificazione e della programmazione, della gestione di sistemi complessi, nelle imprese manifatturiere e di servizi, nelle amministrazioni pubbliche, e nella libera professione. Gli ambiti tipici di occupazione sono presso aziende ed enti operanti nel campo dell'approvvigionamento energetico, della trasformazione dell'energia, della produzione di componenti di impianti, dell'analisi della sicurezza e dell'impatto ambientale di installazioni ad alta pericolosità, dello smantellamento di impianti nucleari e dello smaltimento dei rifiuti radioattivi, della progettazione di rivelatori e di generatori di campi di radiazione e plasmi.

e) Livello di conoscenza di lingue straniere in uscita dai corsi della classe

Oltre l'italiano, le laureate e i laureati nei corsi della classe devono essere in grado di utilizzare fluentemente almeno una lingua straniera, in forma scritta e orale, con riferimento anche ai lessici disciplinari.

f) Conoscenze e competenze richieste per l'accesso a tutti i corsi della classe

L'ammissione ai corsi della classe richiede un'adeguata padronanza di metodi e contenuti scientifici generali nelle discipline di base e dell'ingegneria propedeutiche a quelle caratterizzanti della presente classe.

g) Caratteristiche della prova finale per tutti i corsi della classe

I corsi della classe devono prevedere una prova finale che comprenda la discussione di una tesi, redatta a valle di una importante attività di progettazione o di ricerca, che dimostri la padronanza degli argomenti sul piano teorico e applicativo, la capacità di operare in modo autonomo e capacità di comunicazione.

h) Attività pratiche e/o laboratoriali previste per tutti i corsi della classe

Le conoscenze sono trasmesse anche tramite esercitazioni di laboratorio e/o attività progettuali al fine di avvicinare lo studente alla dimensione progettuale e ai contesti applicativi dell'ingegneria energetica e nucleare.

i) Tirocini previsti per tutti i corsi della classe

I corsi della classe possono prevedere tirocini formativi, in Italia o all'estero, presso enti o istituti di ricerca, università, laboratori, aziende e/o amministrazioni pubbliche, anche nel quadro di accordi internazionali.

Sintesi della relazione tecnica del nucleo di valutazione

Il corso è una trasformazione, anche in adeguamento al D.M. 270/04, del pre-esistente corso in Ingegneria Energetica e Nucleare. Le risorse di personale, tecnologiche e materiali appaiono sufficienti. Con riferimento al corso pre-esistente, in base agli ultimi dati disponibili, gli studenti iscritti negli A.A. dal 2004-2005 al 2008-2009, sono cresciuti da 31 a 138, ed i laureati hanno avuto una crescita da 7 a 22. Il Nucleo di Valutazione constata come la

progettazione del Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Energetica e Nucleare LM-30, sia stata effettuata nell'ambito dell'azione di coordinamento condotta a livello complessivo di Ateneo – come si evince dai verbali del Senato Accademico. A parere del Nucleo, la proposta risulta quindi adeguatamente progettata, con obiettivi formativi chiaramente formulati.

Il Nucleo conferma inoltre che il Corso di Laurea è proposto dalla I Facoltà di Ingegneria che soddisfa i requisiti di docenza con risorse proprie.

Sintesi della consultazione con le organizzazioni rappresentative a livello locale della produzione, servizi, professioni

La consultazione con il sistema socio-economico e le parti interessate, è avvenuta il 18 gennaio 2010 in un incontro della Consulta di Ateneo, a cui sono stati invitati 28 rappresentanti di organizzazioni della produzione, dei servizi e delle professioni, aziende di respiro locale, nazionale ma anche internazionale; presenti anche importanti rappresentanti di esponenti della cultura.

Nell'incontro sono stati delineati elementi di carattere generale rispetto alle attività dell'ateneo, una dettagliata presentazione della riprogettazione dell'offerta formativa ed il percorso di deliberazione degli organi di governo.

Sono stati illustrati gli obiettivi formativi specifici dei corsi di studio, le modalità di accesso ai corsi di studio, la struttura e i contenuti dei nuovi percorsi formativi e gli sbocchi occupazionali.

Sono emersi ampi consensi per lo sforzo di razionalizzazione fatto sui corsi, sia numerico sia geografico, anche a fronte di una difficoltà attuativa ma guidata da una chiarezza di sostenibilità economica al fine di perseguire un sempre più alto livello qualitativo con l'attenzione anche all'internazionalizzazione.

Consensi che hanno trovato riscontro in una votazione formale con esito unanime rispetto al percorso e alle risultanze della riprogettazione dell'Offerta formativa.

Obiettivi formativi specifici del corso e descrizione del percorso formativo

Il corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Energetica e Nucleare si propone l'approfondimento delle conoscenze scientifiche e tecnologiche che costituiscono le applicazioni dell'ingegneria energetica e nucleare. Oltre a completare conoscenze nelle discipline ingegneristiche di base, quali la meccanica strutturale, e acquisire competenze trasversali nell'ambito dell'economia dell'energia, il corso si pone l'obiettivo di formare competenze avanzate nell'impiantistica tradizionale, in quella più innovativa volta allo sfruttamento e alla gestione delle fonti rinnovabili, alla minimizzazione dell'impatto ambientale, anche in relazione alla interazione con le reti energetiche, nell'impiantistica nucleare avanzata e nella filiera dell'idrogeno.

Il corso fornisce strumenti per l'analisi e l'elaborazione avanzata di dati ottenuti dal monitoraggio di sistemi energetici e nucleari, al fine di ottimizzarne la gestione in esercizio.

Viene inoltre stimolata la capacità in ambiti applicativi, da un lato attraverso lo svolgimento di attività sperimentale con crediti dedicati a misure in laboratori, legate a diversi aspetti dell'ambito energetico e nucleare, e dall'altro attraverso lo svolgimento di un tirocinio curricolare presso aziende del settore o enti pubblici e di ricerca.

L'offerta formativa è strutturata secondo tre principali percorsi alternativi:

- Renewable energy systems;
- Progettazione e gestione di impianti energetici;
- Sustainable nuclear energy;

Inoltre, il CdS offre un ulteriore percorso nell'ambito del progetto Erasmus Mundus Joint Master Degree di cui il Politecnico di Torino è coordinatore:

- Hydrogen Systems and Enabling Technologies.

Il percorso formativo dedicato agli impianti a fonti rinnovabili è offerto in lingua inglese. Esso si propone di fornire le competenze e gli strumenti conoscitivi per il calcolo, la progettazione e la gestione di componenti, impianti e sistemi che permettono lo sfruttamento delle fonti energetiche rinnovabili, anche in combinazione con le fonti fossili. La preparazione si esplica con insegnamenti che affrontano la disponibilità di risorse energetiche rinnovabili e le tecnologie che ne permettono lo sfruttamento per la produzione di energia elettrica e/o termica. A questi vengono affiancati insegnamenti relativi alle reti energetiche e alle metodologie di ottimizzazione a livello di componente e di sistema.

Il percorso formativo dedicato alla progettazione e gestione di impianti energetici è offerto in lingua italiana. Esso si propone di fornire le competenze e gli strumenti conoscitivi per il calcolo, la progettazione e la gestione di componenti, impianti e sistemi per la climatizzazione degli edifici civili e per il recupero energetico negli impianti industriali. Si propone inoltre di fornire le competenze e gli strumenti conoscitivi per definire l'entità della domanda e individuare le misure necessarie per una utilizzazione razionale dell'energia nei vari settori produttivi, in ambito civile, industriale. La preparazione si esplica con insegnamenti che affrontano la termotecnica, gli impieghi dell'energia in campo industriale e civile, la progettazione di impianti e la loro gestione attraverso tecniche di machine learning per il processamento di dati ottenuti dal monitoraggio.

Il percorso formativo dedicato all'approfondimento di aspetti dell'ingegneria nucleare è offerto in lingua inglese. Esso si propone di fornire le competenze e gli strumenti conoscitivi per la progettazione di componenti e sistemi per reattori a fissione e fusione nucleare. Sono affrontate le problematiche di radioprotezione, sicurezza e analisi di rischio e affidabilità degli impianti, come pure del ciclo del combustibile. Vengono inoltre analizzati i materiali innovativi, adatti all'utilizzo nel settore. La preparazione si esplica nello studio di modelli e metodi per la descrizione fisica dei sistemi a fissione e fusione nucleare, dell'ingegneria degli impianti nucleari a fissione e dei reattori a fusione nucleare.

È possibile inoltre fare delle personalizzazioni del proprio percorso: attraverso delle scelte vincolate prendendo crediti dagli altri percorsi, con il tirocinio in un ambito del proprio interesse e attraverso l'ampia offerta di crediti a scelta. Questi includono, la tecnica del freddo e criogenia, le misure termiche e regolazione, l'illuminazione e il controllo del rumore, i modelli per la pianificazione energetica, le applicazioni biomediche delle radiazioni, i materiali avanzati per l'energia, l'energy audit degli edifici, l'energia geotermica, l'uso sostenibile delle biomasse, le terapie termiche, la termofluidodinamica computazionale, la gestione dei sistemi energetici, la protezione dalle radiazioni, gli impianti idroelettrici, la valutazione di impatto ambientale e LCA, le tecniche di machine learning applicate ai sistemi energetici.

Il percorso formativo "Hydrogen Systems and Enabling Technologies" è dedicato alla filiera dell'idrogeno ed è offerto in lingua inglese nell'ambito del progetto Erasmus Mundus Joint Master Degree. Il primo anno è svolto al Politecnico di Torino e si propone di fornire le competenze e gli strumenti conoscitivi per il calcolo, la progettazione e la gestione di componenti, impianti e sistemi che permettono lo sfruttamento delle fonti energetiche rinnovabili, anche in combinazione con le fonti fossili. La preparazione si esplica con insegnamenti che affrontano la disponibilità di risorse energetiche rinnovabili e le tecnologie che ne permettono lo sfruttamento per la produzione di energia elettrica e/o termica. A questi vengono affiancati insegnamenti relativi alle reti energetiche e alle metodologie di ottimizzazione a livello di componente e di sistema. Il secondo anno si svolge invece in una tra le seguenti università: Norges Teknisk-Naturvitenskapelige Universitet (NTNU), Universitat Politècnica de Catalunya (UPC) e Technische Universiteit Eindhoven (TE/e). Questo orientamento consente, agli studenti che lo avranno completato, l'ottenimento della laurea al Politecnico di Torino e nell'università in cui sarà svolto il secondo anno degli studi.

Inoltre, il CdS aderisce alla promozione che l'Ateneo fa verso il conseguimento di doppi titoli tra alcuni percorsi di laurea magistrale offerti dal Politecnico stesso: sono agevolati percorsi di abbreviamento di carriera inserendo dei crediti liberi atti a dare i fondamenti utili per chi una volta terminato il percorso di laurea magistrale in energetica e nucleare decide di iscriversi in alcuni altri corsi di laurea magistrale.

Descrizione sintetica delle attività affini e integrative

Queste attività formative mirano a completare la formazione dell'ingegnere magistrale attraverso approfondimenti di: impianti e processi industriali, costruzione di macchine e meccanica strutturale, conversione ed impiantistica elettrica, scienza dei materiali, con particolare attenzione all'ambito energetico, aspetti economici e ambientali relativi all'utilizzo delle fonti energetiche, misure in impianti energetici.

Risultati di apprendimento attesi, espressi tramite i Descrittori europei del titolo di studio (DM 16/03/2007, art. 3, comma 7).

Conoscenza e capacità di comprensione (knowledge and understanding)

Le conoscenze, oggetto dei moduli di Insegnamento del Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Energetica e Nucleare si riferiscono tanto ad alcune aree

di apprendimento quanto a specifici orientamenti tecnici.

Le Aree di apprendimento includono:

- Calcolo strutturale,
- Materiali per l'energetica,
- Economia dell'energia
- Analisi e progettazione energetica
- Impiantistica energetica e nucleare

Gli orientamenti attualmente previsti includono gli insegnamenti di dettaglio sugli impianti a fonti energetiche rinnovabili, la progettazione e gestione degli impianti energetici e gli impianti nucleari sostenibili.

Per ogni area di apprendimento sono previsti vari insegnamenti, che sviluppano i fondamenti di conoscenza utili alla formazione di specifiche capacità negli studenti.

In Calcolo strutturale lo studente sviluppa gli aspetti e le metodologie utili per l'analisi strutturale dei componenti e impianti che costituiscono i sistemi energetici e nucleari.

In Materiali per l'energetica lo studente è introdotto alla conoscenza dei materiali, delle loro caratteristiche, con particolare riguardo a quelli utilizzati nell'ingegneria energetica e nucleare.

L'area Economia cura gli aspetti legati all'economia delle fonti energetiche, i mercati energetici e la valutazione economica di impianti.

L'area di analisi e progettazione energetica include le metodologie legate alla progettazione a livello di componente ed impianto e alla gestione di sistemi energetici e nucleari.

In Impiantistica energetica e nucleare si curano gli aspetti legati alle tecnologie per la produzione, conversione, accumulo e trasporto di energia

Gli orientamenti approfondiscono alcuni aspetti di dettaglio tecnico relativi alle conoscenze sviluppate nelle aree predette, con particolare riguardo:

- alla produzione di energia elettrica e/o termica da fonte rinnovabile e l'integrazione in sistemi energetici complessi, considerando le problematiche di trasporto e accumulo;
- alla progettazione e gestione di impianti energetici per impiego civile ed industriale, tenendo presenti gli aspetti legati al comfort ambientale, all'efficienza, alla sicurezza,
- agli impianti nucleari sostenibili, includendo tanto le tecnologie relative alla fissione quanto quelle relative alla fusione, tenendo presente gli aspetti relativi alla sicurezza, al ciclo del combustibile, alle scorie, al decommissioning.

I crediti liberi offrono alcuni approfondimenti tematici delle conoscenze degli insegnamenti precedentemente descritti e di altri a complemento dell'informazione dello studente.

Modalità di accertamento

L'accertamento delle Conoscenze e della capacità di comprensione avviene attraverso esami scritti e orali che prevedono domande sia teoriche che descrittive a cui lo studente deve rispondere in italiano o inglese. A seconda dell'ambito possono essere richieste descrizioni impiantistiche, uso di diagrammi ingegneristici, passaggi matematici, ecc.

Capacità di applicare conoscenza e comprensione (applying knowledge and understanding)

In Calcolo strutturale lo studente è portato alla capacità di effettuare una analisi strutturale di componenti e impianti energetici.

In Materiali per l'energetica lo studente è portato alla capacità di definire le caratteristiche dei materiali più idonei per un componente o un impianto.

In Economia lo studente acquisisce la capacità di effettuare la valutazione economica di un impianto energetico, oltre che di comprendere la struttura e la dinamica dei mercati energetici.

In Analisi e progettazione energetica lo studente acquisisce le metodologie per la progettazione e la gestione di componenti e impianti per l'energia energetica e nucleare.

In Impiantistica energetica e nucleare lo studente apprende le tecnologie per la produzione, conversione, trasporto e accumulo di energia, con specificità che dipendono dal curriculum scelto.

Gli orientamenti accrescono le capacità degli studenti, a seconda della tematica affrontata:

- nel caso delle fonti energetiche rinnovabili: nella progettazione, modellazione e gestione di sistemi che integrano impianti a fonti energetiche rinnovabili;
- nel caso della progettazione e gestione di sistemi energetici: nell'utilizzo di metodologie, strumenti e conoscenze per la progettazione di impianti energetici per l'alimentazione di utenze civili e industriali;
- nel caso dell'energia nucleare sostenibile: nell'analisi e progettazione di impianti nucleari a fusione e fissione, oltre che nell'analisi delle problematiche ambientali e di sicurezza relative a questa tipologia di fonte.

I crediti liberi incrementano le capacità di analisi e modellazione di sistemi energetici con approcci teorici, numerici o sperimentali, e le conoscenze specifiche relative a particolari tecnologie di produzione.

L'accertamento della Capacità di applicare conoscenza e comprensione avviene attraverso una o più delle seguenti modalità di accertamento a seconda della tipologia dei crediti:

- lo svolgimento di esercizi specifici e/o discussione degli aspetti applicativi, progettuali o di calcolo proposti in sede di esame
- discussione gli specifici progetti sviluppati autonomamente o in gruppo durante l'insegnamento.
- lo svolgimento autonomo di esperienze di laboratorio

Le modalità sono riportate esplicitamente nelle schede descrittive degli insegnamenti presenti in rete nella parte pubblica o in quella riservata agli studenti. Le valutazioni conseguite dagli studenti hanno l'obiettivo di discriminare efficacemente fra diversi livelli di raggiungimento dei risultati di apprendimento.

Autonomia di giudizio (making judgements)

Il laureato magistrale in Ingegneria Energetica e Nucleare è in grado di individuare autonomamente, organizzare le informazioni fondamentali necessarie per lo studio di problemi nel campo dell'ingegneria energetica e nucleare, sia negli impieghi convenzionali che nell'innovazione tecnologica e nella ricerca teorica e applicata. Ha una preparazione che gli consente di sviluppare autonomamente progetti per la realizzazione e gestione di sistemi complessi e di prodotti industriali di alta tecnologia. Il laureato magistrale è inoltre in grado di valutare le implicazioni economiche, commerciali e sociali, i fattori di rischio e i limiti di applicazione di tecnologie consolidate o innovative. Egli è in grado di operare autonomamente nell'integrazione di diversi tipi di sistemi energetici, identificando e valutando soluzioni di compromesso in problemi con specifiche contrastanti, avendo anche una visione sulle ricadute relative alla sostenibilità ambientale delle scelte effettuate.

E' inoltre in grado di aggiornare autonomamente le proprie conoscenze nel settore energetico, anche alla luce del processo di digitalizzazione, in altri settori dell'ingegneria e nell'ambito delle metodologie scientifiche di base.

L'autonomia operativa e di giudizio è acquisita attraverso il lavoro di studio autonomo o la discussione in attività di gruppo, la predisposizione di relazioni su temi specifici, anche partendo da informazioni limitate o incomplete, e la preparazione della dissertazione finale.

La verifica del raggiungimento dei risultati di apprendimento previsti è demandata alle prove d'esame e alla prova finale.

Abilità comunicative (communication skills)

Il laureato magistrale in Ingegneria Energetica e Nucleare deve essere in grado di comunicare efficacemente, in forma scritta e orale, in italiano oppure in inglese, idee e soluzioni a un livello di conoscenza elevato. Deve essere in grado, inoltre, di redigere relazioni tecniche, in italiano oppure in inglese, relative a studi e progetti effettuati ed essere in grado di interpretare quelle scritte da altri. Deve possedere gli strumenti di comunicazione che gli permettono di operare ed eventualmente coordinare un gruppo di persone aventi competenze tecniche e scientifiche diverse, ottimizzandone l'efficacia delle attività.

Durante il percorso formativo, lo studente viene stimolato ad esprimere la propria attitudine ad assumere ruoli di responsabilità nei quali le informazioni organizzative o tecniche vengono comunicate con chiarezza.

Le abilità di comunicazione sono acquisite attraverso le attività formative che prevedono laboratori ed esercitazioni di gruppo. Un importante momento di perfezionamento delle abilità comunicative è lo svolgimento della prova finale, anche in collaborazione con centri di ricerca nazionali o internazionali.

Inoltre, è previsto nel piano di studi che lo studente debba svolgere tirocini in enti pubblici o privati, avendo una ulteriore opportunità di affinare le proprie abilità comunicative.

Il percorso formativo promuove l'attitudine a lavorare in un quadro internazionale offrendo interi percorsi in lingua inglese, oppure svolgendo all'estero periodi di studio o percorsi di doppia laurea organizzati dall'ateneo sulla base di accordi.

Per aumentare la capacità di comunicare in inglese e per favorire l'internazionalizzazione del corso di studi, due orientamenti sono offerti in lingua inglese. La verifica dell'acquisizione delle abilità comunicative avviene attraverso la valutazione, in sede di discussione, delle esercitazioni e dei progetti svolti durante il percorso di studi.

Capacità di apprendimento (learning skills)

Il laureato acquisisce una base culturale e una qualificazione professionale che lo mettono in grado di aggiornare le proprie competenze nella rapida evoluzione dei metodi, delle tecniche e degli strumenti di studio, di analisi e di progetto nel settore dell'ingegneria energetica e nucleare. È in grado di approfondire ed estendere in modo autonomo le proprie conoscenze consultando e interpretando materiale di tipo diverso (monografie, riviste, normative, software, materiale multimediale, risorse on-line presso laboratori informatici, etc.), a livello nazionale e internazionale.

Acquisisce inoltre i fondamenti scientifici e metodologici necessari per proseguire la ricerca e la formazione tecnico-scientifica a livello superiore (scuola di dottorato).

Al raggiungimento delle capacità di apprendimento concorrono le varie attività formative previste dall'ordinamento didattico. La verifica dell'acquisizione di tali capacità avviene attraverso le prove d'esame dei corsi e la prova finale.

Conoscenze richieste per l'accesso

(DM 270/04, art 6, comma 1 e 2)

Costituiscono requisiti curriculari il titolo di laurea o di un diploma universitario di durata triennale ovvero di altro titolo di studio conseguito all'estero, riconosciuto idoneo, e le competenze e conoscenze che lo studente deve aver acquisito nel percorso formativo pregresso, espresse sotto forma di crediti riferiti a specifici settori scientifico-disciplinari o a gruppi di essi. In particolare lo studente deve aver acquisito un minimo di 40 cfu sui settori scientifico-disciplinari CHIM/07, FIS/01, FIS/03, ING-INF/05, MAT/02, MAT/03, MAT/05 e 60 cfu sui settori scientifico-disciplinari FIS/04, ICAR/01, ICAR/03, ICAR/08, ING-IND/08, ING-IND/10, ING-IND/11, ING-IND/12, ING-IND/13, ING-IND/14, ING-IND/15, ING-IND/18, ING-IND/19, ING-IND/22, ING-IND/24, ING-IND/25, ING-IND/31, ING-IND/32, ING-IND/33.

Inoltre, lo studente deve essere in possesso di un'adeguata preparazione personale e della conoscenza certificata della Lingua inglese almeno di livello B2, come definito dal Quadro comune europeo di riferimento per la conoscenza delle lingue (QCER).

Le modalità di verifica dell'adeguatezza della preparazione personale e i criteri per il riconoscimento della conoscenza certificata della lingua inglese sono riportati nel regolamento didattico del corso di studio.

Caratteristiche della prova finale

(DM 270/04, art 11, comma 3-d)

La prova finale rappresenta un importante momento formativo del corso di laurea magistrale e consiste in una tesi che deve essere redatta in modo originale dallo studente sotto la guida di un relatore dell'ateneo e di eventuali co-relatori interni o esterni. E' richiesto che lo studente svolga autonomamente lo studio approfondito di un tema tecnico-progettuale o teorico, prenda in esame criticamente la documentazione disponibile ed elabori il problema, proponendo soluzioni ingegneristiche adeguate. Il lavoro può essere svolto presso i dipartimenti e i laboratori dell'Ateneo, presso altre università italiane o straniere, presso laboratori di ricerca esterni e presso industrie e studi professionali con i quali sono stabiliti rapporti di collaborazione.

Il laureando dovrà dimostrare capacità di operare in modo autonomo, padronanza dei temi trattati e attitudine alla sintesi nel comunicarne i contenuti e nel sostenere una pubblica discussione.

La Tesi può essere eventualmente redatta e presentata in lingua inglese.

Modalità di assegnazione e dettagli sullo svolgimento della prova finale sono precisati nel regolamento didattico del Corso di Laurea Magistrale.

Comunicazioni dell'ateneo al CUN

Sbocchi occupazionali e professionali previsti per i laureati
Esperto di produzione e trasporto di energia
funzione in un contesto di lavoro: Tale figura è in grado di scegliere le tecnologie disponibili sul mercato per la produzione di energia elettrica, termica o combinata delle due. Conosce i principali vettori energetici, le problematiche relative al loro trasporto e accumulo, ed è in grado di operare le scelte più appropriate per il contesto in esame. Sa analizzare e predisporre un piano di adeguamento delle modalità di produzione e trasporto dell'energia negli ambiti industriali al variare del contesto giuridico-economico.
competenze associate alla funzione: - conosce i principali sistemi di conversione dell'energia, convenzionali e avanzati, sia sotto gli aspetti termodinamici che impiantistici - conosce i sistemi di distribuzione e accumulo dell'energia - conosce i meccanismi relativi ai mercati energetici - sa redigere bilanci di energia e massa in sistemi civili e industriali - conosce e usa i metodi di ottimizzazione - conosce e usa le tecniche di analisi proprie per la corretta valorizzazione e recupero delle risorse e vettori energetici (analisi exergetica, termoeconomica, ecc.) - conosce le problematiche di integrazione di fonti rinnovabili in un sistema energetico complesso
sbocchi occupazionali: - aziende di produzione dell'energia, private e/o municipalizzate - realtà industriali ad elevata intensità energetica - ESCO - Operatori del mercato energetico
Progettista di impianti e componenti energetici
funzione in un contesto di lavoro: Tale figura è in grado di redigere un progetto energetico sia in ambito civile che industriale. È in grado di selezionare e dimensionare la componentistica termotecnica più idonea per i processi di conversione, stoccaggio e gestione dell'energia termica, sulla base delle caratteristiche e i vincoli della domanda energetica. È in grado di selezionare i fluidi di processo più idonei per il sistema energetico in esame. È in grado di interfacciarsi con i progettisti di impianti meccanici, elettrici, ecc.
competenze associate alla funzione: - conosce le principali tipologie di impianti termotecnici, sia per la climatizzazione degli ambienti civili e industriali (riscaldamento, ventilazione e condizionamento), che per la produzione di fluidi freddi e caldi per i processi industriali; - conosce le caratteristiche relative alla domanda energetica civile ed industriale e i suoi vincoli - conosce le proprietà termodinamiche e termofisiche dei materiali - sa redigere bilanci di energia e massa in sistemi civili e industriali - sa risolvere problemi che richiedono metodi di soluzione numerica - pianifica campagne di misure per la verifica e il collaudo di singoli componenti e di impianti energetici; - interpreta e analizza dati ottenuti dal monitoraggio o da simulazioni in ambito energetico
sbocchi occupazionali: - studi professionali di progettazione e collaudo di impianti energetici - uffici tecnici di aziende ospedaliere, università, aziende manifatturiere, aziende chimiche, ecc. - aziende che producono componentistica termotecnica - aziende di servizi di gestione energetica per mezzo di tecnologie digitali
Responsabile dell'energia in ambito civile e/o industriale
funzione in un contesto di lavoro: Tale figura è in grado di valutare criticamente dati sui consumi energetici di utenze sia civili che industriali, e alla luce di queste valutazioni è in grado di indicare soluzioni di approvvigionamento alternative. Conosce le dinamiche tariffarie dei vettori energetici. È in grado inoltre di proporre interventi di riduzione dei fabbisogni energetici valutandone la convenienza economica.
competenze associate alla funzione: - sa redigere bilanci di energia in sistemi civili e industriali - conosce le prestazioni e i costi della principale componentistica energetica - conosce i principali vettori energetici disponibili sul mercato e gli aspetti economici ad essi connessi in funzione dell'entità della domanda - è capace di pianificare attività di monitoraggio e manutenzione degli impianti energetici attraverso campagne di misure e acquisizione dati
sbocchi occupazionali: - aziende pubbliche che richiedono ai sensi della legislazione vigente la figura del responsabile dell'energia (energy manager) - consulente per gli approvvigionamenti energetici per realtà industriali di medie e grandi dimensioni - ESCO - aziende di servizi di gestione energetica per mezzo di tecnologie digitali
Esperto di impiantistica elettro-nucleare (Fissione e fusione)
funzione in un contesto di lavoro: Svolge principalmente attività di progettazione e analisi dei componenti e dei sistemi che sono o saranno adibiti alla produzione di energia elettrica da fonte nucleare. Affronta direttamente problemi negli ambiti dell'impiantistica (ad es., lo smaltimento degli altri flussi termici e il progetto termoidraulico del reattore e dei suoi componenti), della fisica (ad es. progetto neutronico del nocciolo per gli impianti a fissione, e le interazioni plasma-parete per i reattori a fusione) e della tecnologia dei reattori nucleari (ad es. l'utilizzo di materiali innovativi). Coordina i progettisti esperti negli altri ambiti specifici del progetto. Sviluppa le analisi di sicurezza dei reattori a fissione e fusione sia dal punto di vista deterministico, sia da quello probabilistico. Pianifica l'esercizio e gestisce il controllo e la regolazione degli impianti nucleari e coordina le attività di smantellamento ("decommissioning") delle centrali elettro-nucleari a fissione. Partecipa alle attività di sviluppo di reattori nucleari innovativi, dando un contributo essenziale al progetto dettagliato di prototipi e impianti dimostrativi, negli ambiti sia della fissione che della fusione. Sa affrontare e risolvere problemi legati allo smaltimento di elevati flussi termici.
competenze associate alla funzione: - conosce le centrali termo-nucleari e i reattori a fusione sia in termini costruttivi che funzionali, con riferimento agli aspetti sia fisici che ingegneristici e tecnologici; - conosce in modo approfondito gli effetti delle radiazioni sui materiali, - conosce gli effetti biologici delle radiazioni e le tecniche di schermaggio; - conosce le specifiche problematiche di ricerca nell'ambito della fisica e dell'ingegneria della fusione nucleare;

- utilizza e sviluppa modelli di calcolo per la progettazione dei componenti e dei sistemi e per gli studi probabilistici e deterministici sulla sicurezza degli impianti. - utilizza modelli e conosce metodologie atte allo smaltimento di elevati flussi termici
sbocchi occupazionali: - società e aziende impegnate nella progettazione e nella fabbricazione di componenti, e nella realizzazione di impianti e reattori a fissione o fusione termo-nucleare; - enti e società produttrici di energia da fonte nucleare; - enti di ricerca in Italia e all'estero; - studi di progettazione e analisi dei rischi di impianti energetici complessi anche al di fuori dell'ambito nucleare.
Esperto di produzione e gestione di combustibile nucleare
funzione in un contesto di lavoro: Sviluppa attività di progettazione del ciclo del combustibile nucleare: tipologia e fabbisogno di materiali, modalità di fabbricazione, strategie di utilizzo nel nocciolo dei reattori e gestione del combustibile dopo la sua rimozione dal nocciolo; per ognuna di queste fasi è a conoscenza delle condizioni operative normali, dei rischi incidentali e dell'effetto delle radiazioni sui materiali. Si occupa inoltre delle problematiche del monitoraggio e dello stoccaggio del combustibile irraggiato e dei rifiuti radioattivi, provenienti dagli impianti nucleari di potenza e da reattori di ricerca, sia nel loro funzionamento normale che a seguito del loro smantellamento. Opera nell'ambito della realizzazione di siti per il deposito di scorie radioattive, in termini di localizzazione e di coordinamento e sviluppo del progetto.
competenze associate alla funzione: - conosce le tipologie e le modalità di fabbricazione degli elementi di combustibile degli attuali reattori nucleari, e ha una conoscenza completa del ciclo del combustibile nucleare; - conosce gli effetti della permanenza nel reattore in termini di danneggiamento dei materiali sotto irraggiamento; - conosce in modo approfondito anche gli effetti biologici delle radiazioni e le tecniche di schermaggio; - utilizza e sviluppa modelli di calcolo sia probabilistici che deterministici per la progettazione degli elementi di combustibile, con riferimento sia alle condizioni operative normali e incidentali.
sbocchi occupazionali: - enti e società produttrici di energia da fonte nucleare e convenzionale; - società e aziende impegnate nella progettazione e nella fabbricazione del combustibile nucleare; - enti di ricerca in Italia e all'estero.
Esperto di progettazione, fabbricazione ed esercizio di apparecchiature utilizzanti particelle e radiazioni per uso medico e industriale
funzione in un contesto di lavoro: Progetta, sviluppa e gestisce apparecchiature radiogene per applicazioni sia alla ricerca (caratterizzazione dei materiali), sia mediche (diagnosi e terapia) che industriali (analisi non distruttive e applicazioni nei processi). Conosce gli aspetti costruttivi e funzionali, con particolare riferimento alla generazione e alla caratterizzazione dei fasci di radiazioni e alle tecniche di schermaggio. Nell'ambito delle applicazioni industriali si occupa dello sviluppo e della gestione di apparecchiature per la sterilizzazione, esami non distruttivi e impiego di traccianti radioattivi. Si occupa della strumentazione degli impianti nucleari per uso energetico, medico e industriale e a scopo di ricerca.
competenze associate alla funzione: - ha specifiche competenze negli ambiti della fisica nucleare e del trasporto di particelle e radiazioni; - conosce le tecniche di schermaggio e gli aspetti tecnologici della gestione delle radiazioni, in termini di monitoraggio e interazioni con i materiali ed effetti biologici.
sbocchi occupazionali: - aziende per lo sviluppo e la produzione di macchine radiogene; - responsabile dell'acquisizione e della gestione di macchine radiogene presso industrie o aziende ospedaliere; - enti di ricerca in Italia e all'estero.
Esperto di pianificazione energetica
funzione in un contesto di lavoro: Tale figura è in grado di analizzare su qualsiasi scala territoriale (dalla scala comunale a quella nazionale) i bilanci energetici e di pianificare l'uso e la localizzazione degli impianti per la produzione di energia in funzione della domanda del territorio. Sa proporre soluzioni alternative per gli approvvigionamenti energetici territoriali che includono anche la valutazione delle ricadute ambientali, economiche e di rischio ad esse correlate.
competenze associate alla funzione: - conosce le fonti di energia e le reti di trasporto; - usa metodi di modellazione e ottimizzazione energetica su scala territoriale - conosce il funzionamento del mercato dell'energia; - è in grado di analizzare le previsioni relative agli scenari energetici futuri; - è in grado di redigere una analisi di ciclo di vita (LCA) delle principali tecnologie energetiche
sbocchi occupazionali: - Enti pubblici sia a livello locale che nazionale - organismi e centri di ricerca internazionali che si occupano di pianificazione energetica - studi di ingegneria con competenze per le analisi territoriali e di consulenza per la pianificazione delle pubbliche amministrazioni
Esperto della filiera dell'idrogeno
funzione in un contesto di lavoro: Tale figura è in grado di operare nella progettazione e gestione di impianti operanti nella filiera dell'idrogeno e definire e implementare strategie per la decarbonizzazione dei processi produttivi, attraverso l'utilizzo delle fonti energetiche rinnovabili. Conosce gli aspetti tecnologici di conversione energetica in grado di rimuovere o limitare le emissioni in atmosfera di anidride carbonica. Conosce le principali tecnologie energetiche basate su fonti energetiche rinnovabili e i processi di conversione che consentono la decarbonizzazione delle risorse energetiche (combustibili sintetici, idrogeno, ecc.).
competenze associate alla funzione: - conosce gli aspetti impiantistici e termodinamici relativi alla conversione dei vari vettori energetici, convenzionali e innovativi, con particolare riguardo all'idrogeno - conosce i sistemi di distribuzione e accumulo dell'energia - conosce le problematiche di integrazione di fonti rinnovabili in un sistema energetico complesso
sbocchi occupazionali: - aziende di produzione dell'energia, private e/o municipalizzate

- realtà industriali ad elevata intensità energetica - operatori del mercato energetico - aziende che operano nell'ambito della filiera dell'idrogeno
Il corso prepara alla professione di (codifiche ISTAT)
• Ingegneri energetici e nucleari - (2.2.1.1.4)

Il rettore dichiara che nella stesura dei regolamenti didattici dei corsi di studio il presente corso ed i suoi eventuali curricula differiranno di almeno 30 crediti dagli altri corsi e curriculum della medesima classe, ai sensi del DM 16/3/2007, art. 1 c.2.

Attività caratterizzanti

ambito disciplinare	settore	CFU		minimo da D.M. per l'ambito
		min	max	
Ingegneria energetica e nucleare	ING-IND/08 Macchine a fluido ING-IND/09 Sistemi per l'energia e l'ambiente ING-IND/10 Fisica tecnica industriale ING-IND/11 Fisica tecnica ambientale ING-IND/18 Fisica dei reattori nucleari ING-IND/19 Impianti nucleari	46	75	-
Minimo di crediti riservati dall'ateneo minimo da D.M. 45:		-		
Totale Attività Caratterizzanti			46 - 75	

Attività affini

ambito disciplinare	CFU		minimo da D.M. per l'ambito
	min	max	
Attività formative affini o integrative	15	32	12
Totale Attività Affini			15 - 32

Altre attività

ambito disciplinare		CFU min	CFU max
A scelta dello studente		8	14
Per la prova finale		16	30
Ulteriori attività formative (art. 10, comma 5, lettera d)	Ulteriori conoscenze linguistiche	0	6
	Abilità informatiche e telematiche	0	6
	Tirocini formativi e di orientamento	0	8
	Altre conoscenze utili per l'inserimento nel mondo del lavoro	3	6
Minimo di crediti riservati dall'ateneo alle Attività art. 10, comma 5 lett. d			
Per stages e tirocini presso imprese, enti pubblici o privati, ordini professionali		-	-
Totale Altre Attività		27 - 70	

Riepilogo CFU

CFU totali per il conseguimento del titolo	120
Range CFU totali del corso	88 - 177

Note attività affini (o Motivazioni dell'inserimento nelle attività affini di settori previsti dalla classe).**Note relative alle altre attività**

L'ampliamento dell'offerta di crediti a libera scelta dello studente si giustifica con la varietà e l'ampiezza delle competenze tipiche dell'ingegneria energetica e nucleare (che possono essere acquisite da insegnamenti appartenenti a diversi settori disciplinari); si vuole quindi dare la possibilità allo studente di perfezionare e completare la preparazione in un campo di proprio interesse.

Note relative alle attività caratterizzanti

RAD chiuso il 20/02/2025