UNIMORE
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI
MODENA E REGGIO EMILIA

Scheda Annuale del Progetto Formativo e Scientifico del Corso di Dottorato in Ingegneria Meccanica e del Veicolo (già Corso di Dottorato in Ingegneria Industriale e del Territorio)

Contenuti approvati dal Collegio dei Docenti il 15/4/2024

Documento approvato dal Collegio dei Docenti il 4/7/2024

1. Presentazione generale del Corso di dottorato di ricerca

Il Corso di dottorato di ricerca (di seguito Corso) ha come scopo la formazione di personale con qualificazione tecnico-scientifica elevata e competenze ad ampio spettro. I dottori di ricerca che si andranno a formare dovranno essere in grado di portare avanti in prima persona, nonché di indirizzare e gestire, attività di ricerca e sviluppo in ambito sia industriale che della ricerca scientifica istituzionale.

Il Corso si articola in due curricula:
- Ingegneria Meccanica
- Ingegneria del Veicolo

Nel Collegio dei Docenti (di seguito Collegio) sono presenti le competenze necessarie per esercitare attività didattiche e di ricerca di alta qualità, nonché per sviluppare soluzioni innovative, nei diversi settori scientifico-disciplinari su cui vertono i due curricula.

Finalità primaria è conferire ai dottori di ricerca le competenze ed esperienze necessarie all'indagine scientifica, all'innovazione, alla progettazione e allo sviluppo di nuovi prodotti e processi (hard skills). A tal riguardo, sono proposti moduli formativi specifici per i due curricula, oppure trasversali a essi, tra i quali il dottorando seleziona quelli che costituiranno il suo percorso formativo e supporteranno la sua specializzazione.
Saranno altresì fornite le competenze trasversali e interdisciplinari (soft skills) necessarie a esporre, relazionare e pubblicare con efficacia i prodotti della ricerca, ovvero ad avviare e portare avanti collaborazioni scientifiche e tecnologiche con altri attori della ricerca istituzionale e della ricerca e sviluppo di ambito tecnologico, in Italia e all'estero. Attività formative specifiche riguardano i sistemi di ricerca europei e internazionali e i programmi di finanziamento, la redazione di progetti di ricerca, il perfezionamento linguistico, la ricerca bibliografica, la protezione della proprietà intellettuale, gli strumenti, le tecniche e le strategie di scrittura e divulgazione scientifica per la valorizzazione dei risultati della ricerca.

2. Temi di ricerca del Dottorato distinti per aree di ricerca

Gli ambiti di indagine che il Corso abbraccia riguardano molteplici tematiche proprie dell'ingegneria meccanica, dell'ingegneria del veicolo e di settori della ricerca a questi complementari, con connotazioni sia teoriche che sperimentali e applicative in vari settori scientifico-disciplinari:
- La fluidodinamica, declinata per problemi di fluidodinamica numerica in flussi di grande e piccola scala, esterni e interni, di gas, liquidi e fluidi complessi
- Le macchine a fluido, circa la modellazione a calcolo termofluidodinamico 0D, 1D e 3D, la sperimentazione e l'ottimizzazione (prestazionale, della gestione dei flussi energetici, ambientale) di sistemi propulsivi per veicoli stradali e off-road di tipo termico, ibrido termico/elettrico, a fuel cells e a batteria, nonché lo studio della lubrificazione, di componenti e sistemi oleodinamici e pneumatici per applicazioni industriali ad ampio spettro e veicoli off highway
- La fisica tecnica industriale, in relazione alle diverse applicazioni della termodinamica, termocinetica e termofluidodinamica all'innovazione di processi e prodotti industriali, di impianti HVAC e di componenti veicolo, incluso il controllo termico nei veicoli elettrificati, lo sfruttamento delle fonti energetiche rinnovabili, il risparmio energetico e la sostenibilità dei processi industriali
- La meccanica applicata alle macchine, con particolare riferimento a modellazione dinamica e

controllo di sistemi meccanici strutturali e multibody, meccanica delle vibrazioni e vibroacustica, biomeccanica, robotica, modellazione dinamica del veicolo, NVH, trasmissioni meccaniche e powertrain ibridi ed elettrici, interazione fluido struttura
- La costruzione di macchine, in relazione al calcolo strutturale a elementi finiti e con particolare interesse per gli ambiti powertrain (combustione, ibrido, elettrico) e telaio veicolo
- Il disegno e metodi dell'ingegneria industriale, in tema di sviluppo integrato di prodotti e processi, progettazione di sistemi meccanici e sistemi di produzione avanzati, anche robotizzati, mediante simulazione, prototipazione virtuale e metodologie di design for X
- Le tecnologie e i sistemi di lavorazione, in particolare la costruzione additiva sotto molteplici punti di vista, incluse le strutture lattice per applicazioni automotive e biomedicali, ma anche gli sviluppi di architetture innovative per applicazioni termo-strutturali
- Gli impianti industriali meccanici e la loro progettazione e innovazione, compresi i sistemi logistici, studiando tematiche inerenti a project management, sviluppo e validazione di algoritmi per l'ottimizzazione di sistemi logistici e produttivi e la modellazione di problemi inerenti all'inventory management
- La metallurgia, con focus sulle proprietà chimiche, fisiche, meccaniche, tecnologiche dei metalli e delle leghe e il loro comportamento in esercizio, la difettologia, i trattamenti termici e di saldatura
- L'analisi numerica applicata alla risoluzione di problemi dell'ingegneria, includendo aspetti quali l'ottimizzazione topologica, le reti neurali

3. Obiettivi formativi

Obiettivi formativi del Corso sono:
- La formazione avanzata nei diversi ambiti dell'ingegneria meccanica e del veicolo
- L'educazione alla ricerca scientifica e tecnologica e, in particolare, al rigore metodologico nell'affrontare problemi tecnici particolarmente avanzati e innovativi
- Lo sviluppo dell'attitudine alla ricerca e alla cooperazione scientifica internazionale e interdisciplinare
- La capacità di interagire con l'ecosistema economico-industriale analizzando casi studio industriali

La formazione avanzata viene attuata definendo un piano di studio personalizzato, con cui ciascun dottorando acquisisce le competenze necessarie all'approfondimento del tema di ricerca assegnato, individuate anche sulla base delle esperienze pregresse, seguendo un percorso che va dall'analisi della letteratura, alla frequenza di corsi di formazione specialistica, alla frequentazione di strutture di ricerca con elevata qualificazione e, eventualmente, alla permanenza del dottorando presso centri di ricerca di industrie leader di settore. Particolare riguardo alla personalizzazione del percorso formativo verrà dato ai dottorandi delle aziende convenzionate.
Negli ultimi passi del percorso si concretizza l'educazione alla ricerca scientifica e tecnologica, anche attraverso l'incentivazione ad elaborare prodotti della ricerca di qualità (pubblicazioni, brevetti, ecc.), avvalendosi delle opportunità di sfruttamento economico e di stimolo all'innovazione offerte dai sistemi nazionali ed internazionali di protezione della proprietà intellettuale.
Viene attuato un continuo monitoraggio dello stato di avanzamento del processo formativo.

4. Programma della formazione

Il Corso si prefigge di fornire le skills necessarie ad affrontare progetti di ricerca scientifica e innovazione tecnologica, di prodotto e di processo. Al riguardo, sono proposti moduli formativi specifici per i curricula e trasversali ad essi (hard skills). Il Corso fornisce inoltre competenze interdisciplinari (soft skills) necessarie a esporre, relazionare e pubblicare con efficacia i prodotti della ricerca, ovvero a portare avanti collaborazioni scientifiche e tecnologiche con altri attori della ricerca istituzionale e della ricerca e sviluppo di ambito tecnologico, in Italia e all'estero.
Entrando nel dettaglio, come da normativa nazionale (DDMM 226/2021 e 301/2022), i dottorandi possono comporre il proprio piano degli studi scegliendo insegnamenti per almeno 60 ore di didattica frontale di ambito hard skills. Tali insegnamenti sono erogati in forma completamente disgiunta dagli insegnamenti dei corsi di laurea di primo e secondo livello, da docenti sia interni che esterni con elevata specializzazione. La didattica, in linea con i principi dei descrittori di Dublino, viene proposta con metodologie tradizionali in presenza e telematiche, ovvero adottando approcci innovativi quali project works, discussione di casi e problem solving in team, specificati nelle schede dei singoli insegnamenti. I contenuti, comuni o specifici per i curricula, riguardano principalmente le tematiche dei settori scientifico-disciplinari dei docenti del Collegio:

- ING-IND/06 FLUIDODINAMICA
- ING-IND/08 MACCHINE A FLUIDO
- ING-IND/10 FISICA TECNICA INDUSTRIALE
- ING-IND/13 MECCANICA APPLICATA ALLE MACCHINE
- ING-IND/14 PROGETTAZIONE MECCANICA E COSTRUZIONE DI MACCHINE
- ING-IND/16 TECNOLOGIE E SISTEMI DI LAVORAZIONE
- ING-IND/17 IMPIANTI INDUSTRIALI MECCANICI
- ING-IND/21 METALLURGIA
- ING-IND/22 SCIENZA E TECNOLOGIA DEI MATERIALI
- IUS/02 DIRITTO PRIVATO COMPARATO
- MAT/08 ANALISI NUMERICA

Inoltre, il Corso propone ai dottorandi insegnamenti di composizione ed esposizione scientifica in lingua inglese e ulteriori insegnamenti di ambito soft skills.
Le attività di formazione sono promosse attraverso la pagina web dedicata, creata per scelta solo in lingua inglese, in cui si riportano l'elenco degli insegnamenti erogati per ogni ciclo e informazioni sugli ambiti di ricerca. Ogni insegnamento viene presentato attraverso una scheda sintetica ivi linkata che riporta: (i) obiettivi, (ii) prerequisiti, (iii) descrizione dell'insegnamento, (iv) metodi di insegnamento, (v) testi di riferimento, (vi) modalità di verifica dell'apprendimento, (vii) risultati attesi. Nella scheda viene inoltre riportato un sintetico CV del docente, nonché dettagli su contenuti e obiettivi e sulle modalità di verifica dell'apprendimento.
Annualmente il dottorando viene sottoposto a monitoraggio delle attività complessive svolte.

5. Sbocchi professionali e mercato del lavoro

Gli sbocchi occupazionali previsti sono numerosi e diversificati, sia presso enti di ricerca pubblici e privati, sia presso e aziende e società di consulenza, in Italia e all'estero.
La ricerca e sviluppo nell'ambito dell'ingegneria meccanica è largamente diffusa in tutta Europa in relazione alle metodologie di progettazione di nuovi prodotti, alla simulazione e ottimizzazione di tecnologie e processi produttivi, agli impianti industriali e ai sistemi logistici, in campi che spaziano dall'ingegneria del veicolo alle lavorazioni meccaniche, ai materiali avanzati, all'automazione e alla robotica industriale, alla conversione e gestione dell'energia fino alla sostenibilità industriale estesa all'ambito sociale, economico ed energetico.
Fiore all'occhiello del comprensorio è l'Automotive con le sue numerose industrie operanti, a tutti i livelli della supply chain, nella produzione di veicoli stradali e da competizione (a 2 e 4 ruote),

veicoli da trasporto (sia merci che persone), macchine agricole e movimento terra, compresi i fornitori di primo e secondo livello della componentistica meccanica, elettrica ed elettronica e software, che assorbono personale altamente qualificato per le attività di ricerca e sviluppo, progettazione e ottimizzazione.
I dottorandi hanno altresì l'opportunità di collaborare con realtà di ricerca e sviluppo industriale internazionali, presso le quali, negli anni, hanno trovato in misura sempre crescente sbocchi professionali di primissimo livello, specialmente, ma non solo, nel settore dei veicoli ad altissime prestazioni e da competizione. Grazie alle competenze acquisite, ai dottorandi specializzati nell'ambito dell'ingegneria del veicolo, così come a quelli specializzati nell'ambito dell'ingegneria meccanica, si offrono sbocchi occupazionali qualificati anche in aziende non direttamente appartenenti al settore veicolistico, oppure produttrici di componenti e sottosistemi dei veicoli, in generale numerose nei comprensori industriali di riferimento.
Infine, in campo universitario, gli sbocchi occupazionali dei dottorandi riguardano gli ambiti della ricerca scientifica di tutti i settori scientifico disciplinari di riferimento per il Corso.

6. Iscrizioni

6.1 Requisiti di ammissione

È richiesto il possesso di una laurea di secondo livello: una laurea (ante DM 509/99) o una laurea magistrale (DM 270/04) o specialistica (DM 509/99) in Italia; un titolo accademico all'estero analogo alla laurea magistrale italiana.
Nel caso di studenti stranieri, è richiesta una buona conoscenza della lingua inglese.
Possono essere ammessi anche coloro (italiani e stranieri) che conseguano una laurea di secondo livello entro il termine previsto dal bando, di norma il 31 ottobre, giorno precedente la presa di servizio.
La modalità di ammissione prevista è per titoli sia per studenti italiani che per stranieri.

6.2 Scadenze e numero di posti disponibili

Il bando di ammissione viene generalmente pubblicato in tarda primavera-inizio estate tramite il sito web di ateneo, in italiano e in inglese, e rimane aperto 30 giorni. La comunicazione degli esiti avviene generalmente un mese dopo la chiusura del bando, in modo da consentire l'espletamento delle pratiche di immatricolazione e consentire eventuali scorrimenti nella graduatoria entro il giorno della presa di servizio, che di norma è il 1° novembre.
Vengono messe a bando 3 o più borse di studio finanziate dal MUR e dalla Fondazione Modena, nonché borse e assegni di ricerca triennali finanziati da aziende ed enti, fondi interni del Dipartimento o progetti, specifici programmi di finanziamento e cofinanziamento di posizioni di dottorato. La copertura di un congruo numero di Dottorati Industriali e di borse di studio da finanziamenti di aziende è in linea con lo storico del Corso.
La selezione avviene esclusivamente tramite analisi dei titoli (curriculum, pubblicazioni, lettere di referenza, statement of research interest, ecc.). È previsto l'inserimento nel bando di una soglia di punteggio minimo per l'ammissione.

7. Calendario delle attività formative

Piano formativo e calendario delle attività formative sono pubblicati sul sito web del Corso. Attività formative di ambito soft skills sono in gran parte programmate a livello di Ateneo e vengono fruite

nel primo anno di dottorato. Attività di ambito hard skills vengono generalmente fruite nel primo o nel secondo anno e sono gestite direttamente dai docenti, con il supporto del Coordinatore, del Segretario e dei Supervisori dei curricula designati dal Collegio.

8. Laboratori e Servizi per i Dottorandi

Nelle diverse sedi del Dipartimento di Ingegneria "Enzo Ferrari" sono integrati numerosi laboratori specialistici, di livello anche internazionale, che consentiranno ai dottorandi, in funzione del tema di ricerca assegnato, accesso a tecnologie di misura, caratterizzazione, prova al banco, rilievo sul campo, prototipazione rapida, virtual prototyping, simulazione e analisi dei dati allo stato dell'arte, in tutte le branche dell'ingegneria e discipline collegate di interesse per il Corso.
Sono a disposizione dei dottorandi, per le aree di pertinenza del Corso, oltre 12000 volumi nella Biblioteca di Ingegneria "Enzo Ferrari", biblioteca di riferimento della Scuola di dottorato.
I dottorandi hanno la possibilità di accedere anche alle altre Biblioteche Universitarie, tra cui la BSI – Biblioteca Scientifica Interdipartimentale e la Biblioteca della sede di Reggio Emilia.
Le biblioteche mettono a disposizione anche risorse elettroniche, tra cui e-journals, banche dati e collezioni.
Le riviste cartacee in abbonamento a disposizione sono 11, per un totale di 788 annate disponibili.
È possibile accedere inoltre a migliaia di e-journals delle collezioni digitali di Ateneo ricercabili e consultabili online a partire dal portale BiblioMore e da Oneclick. Nelle Biblioteche Unimore è attivo il servizio di Document Delivery che consente di recuperare in breve tempo articoli pubblicati su riviste non comprese tra le collezioni in abbonamento.
I dottorandi possono accedere a tutte le banche dati disponibili in Unimore. Tra queste in particolare SAE Mobilus, Xplore di IEEE, tutta la normativa tecnica emanata o recepita da UNI tramite UNISTORE, la collezione di ebook altamente specialistici di ingegneria del veicolo su Ebscohost.
Sia presso il DIEF che (in compartecipazione con altre strutture) presso il SIA di Ateneo sono operativi supercalcolatori e reti di calcolatori in grado di eseguire routine di calcolo avanzato e supercalcolo parallelo. Inoltre, in funzione del tema di ricerca assegnato, i dottorandi possono accedere a licenze dei più avanzati software di simulazione, virtual prototyping, elaborazione dati, ecc. Sono altresì accessibili strutture esterne con dotazioni allo stato dell'arte quali il CINECA.
Sono attive convenzioni con strutture private e enti pubblici che prevedono attività di formazione e ricerca per i dottorandi, tra cui: Ferrari SpA, CNH SpA, SIR SpA, INFN-Lab. Naz. di Legnaro (PD), Stazione Sperimentale del Vetro Murano, ICAM-CNR Genova, ISTEC-CNR Faenza, Leibniz IPF Dresda (Germania), Brunel Univ. (West London, UK), Saint-Petersburg Univ. of Technology and Design (Russia), Univ. of Maryland (USA), Univ. de Aveiro (Portogallo), Ist. Motori CNR Napoli, CERAM (UK), ENIA Reggio E.

9. Internazionalizzazione

Lo sviluppo dell'attitudine alla collaborazione scientifica internazionale è perseguito incentivando la partecipazione a convegni ed eventi internazionali, la promozione di progetti di ricerca transnazionali e la collaborazione con strutture estere, incluso lo svolgimento di periodi di formazione e di ricerca presso tali strutture di durata raccomandata non inferiore a 3 mesi.
Le attività dei dottorandi sopra indicate sottoposte a monitoraggio annuale.
Il corso di dottorato sta implementando rapporti con enti/ università straniere nell' ottica di creare un network all' interno del quale sviluppare cotutele e/o doppi titoli volti a rafforzarne l'aspetto internazionale.

Gli studenti sono spronati a partecipare al Bando Erasmus che esce annualmente e che offre periodi di short- o long-staying supportati da uno specifico finanziamento.

10. Sistema di Assicurazione della Qualità del Corso di Dottorato

Il responsabile della qualità del Corso è il Coordinatore. Sotto la sua responsabilità vengono redatte la presente Scheda annuale del progetto formativo e scientifico e la Relazione annuale di monitoraggio e riesame.
Inoltre, sempre sotto la responsabilità del Coordinatore, viene predisposto il Rapporto di riesame ciclico, a cadenza triennale.
Tutte le attività di Assicurazione della Qualità sono condotte coinvolgendo attivamente i docenti del Collegio e gli altri portatori d'interesse, in particolare i dottorandi, attraverso i propri rappresentanti, e i membri del Comitato Consultivo.
Il Comitato Consultivo è presieduto dal Coordinatore ed è composto da studiosi di alto profilo, associati a Università e a istituzioni sia italiane, sia internazionali. Inoltre, il Comitato include esponenti autorevoli del mondo del lavoro e della società. Il Comitato svolge un ruolo di consulenza e di indirizzo riguardo al progetto scientifico e formativo del dottorato e alla identificazione degli sbocchi occupazionali.
All'interno del Corso è costituito il Gruppo di Riesame, composto dal Coordinatore, da due o più docenti membri del Collegio e da un rappresentante dei dottorandi/e. Il Gruppo di Riesame supporta il Coordinatore nelle attività di monitoraggio annuale e di riesame periodico.
Il Corso redige la Scheda di Autovalutazione in occasione dell'Accreditamento Periodico (nel caso il Corso stesso venga selezionato dall'ANVUR).