

## UNIVERSITÀ DEGLI STUDI ROMA TRE

Dipartimento di Ingegneria Civile, Informatica e delle Tecnologie Aeronautiche

*Ministero dell'Università e della Ricerca*



CORSO DI DOTTORATO DI RICERCA IN

# METODI E MODELLI PER L'INGEGNERIA SOSTENIBILE

## Manifesto degli Studi

41° Ciclo — a.a. 2025/2026

**Coordinatore: Prof. Marco Sebastiani**

**Vice Coordinatore: Prof. Alessandro Lidozzi**

## Indice

|  |    |
|--|----|
| 1. Informazioni generali .....   | 3  |
| Corso di Dottorato .....   | 3  |
| Descrizione del progetto formativo e obiettivi del corso .....                           | 3  |
| Sbocchi occupazionali e professionali previsti.....                                      | 5  |
| 3. Collegio dei docenti.....   | 7  |
| Coordinatore .....   | 7  |
| Curriculum del coordinatore.....   | 7  |
| Componenti del collegio (Personale Docente e Ricercatori delle Università Italiane)..... | 9  |
| 4. Progetto formativo .....  | 10 |
| Attività didattica programmata/prevista — Insegnamenti previsti .....                    | 10 |
| 6. Strutture operative e scientifiche .....  | 12 |

# 1. Informazioni generali

---

## Corso di Dottorato

### Descrizione del progetto formativo e obiettivi del corso

#### Descrizione del progetto

Il corso di dottorato si prefigge l'obiettivo di formare i futuri dottori di ricerca nelle competenze inerenti alla modellistica e lo sviluppo di metodologie sperimentali per l'ingegneria proiettata verso le tematiche caratteristiche della transizione energetica e della sostenibilità. Quest'ultima è qui intesa non solo nell'accezione di equa ed efficiente gestione delle risorse, ma nel suo significato più ampio, che includa la tutela della qualità della vita e della salute dei cittadini tra gli obiettivi primari di un futuro sostenibile.

L'ottenimento della neutralità climatica entro il 2050, all'interno di un apparato produttivo resiliente, rappresenta ad oggi uno dei principali obiettivi della Commissione Europea nell'ambito del programma Horizon Europe, ed il presente dottorato si incardina profondamente e fattivamente all'interno di questa visione. L'ampio spettro di competenze che caratterizzano i docenti appartenenti al Collegio e la loro consolidata esperienza in progetti nazionali ed internazionali sui temi della sostenibilità ambientale, consentirà di promuovere un ambiente di formazione e di ricerca fortemente multidisciplinare, caratterizzato da una continua e profonda interazione tra i diversi settori. Gli studenti del corso potranno sviluppare progetti di ricerca sulle tematiche proprie degli ambiti disciplinari di scienza e tecnologia dei materiali, fisica della materia, meccanica del volo, fotonica, acustica, la scienza dei sistemi complessi, elettrotecnica, fluidodinamica, conversione statica dell'energia elettrica ed azionamenti elettrici, controlli automatici, bioingegneria, telecomunicazioni, costruzioni e strutture aerospaziali, arricchendo e approfondendo le loro conoscenze anche su argomenti funzionali all'arricchimento delle loro capacità di sviluppo metodologico, quali l'ottimizzazione multidisciplinare robusta in presenza di incertezze, la fisica matematica, le teoria delle reti e dei sistemi complessi, la computational intelligence applicata all'ottimizzazione e all'identificazione di modelli fisici non lineari. Nell'ambito della sostenibilità, di interesse per il dottorato sarà anche il tema della mobilità integrata e delle discipline ad esso collegate, quali, ad esempio, i trasporti e le infrastrutture.

È opportuno sottolineare che il progetto prevede lo svolgimento di attività di ricerca e formazione all'interno delle aree dei laboratori diffusi, recentemente attivati, e partecipando alle iniziative di socializzazione e condivisione dei risultati organizzate periodicamente a livello dipartimentale. È il caso di ricordare la giornata del dottorato, oppure l'iniziativa PhD-Life, recentemente attivata che prevede incontri periodici a carattere seminariale nei quali uno studioso di consolidata esperienza propone un seminario di carattere formativo e assiste alle presentazioni degli studenti, seguite da un dibattito a partecipazione libera.

Il corso di dottorato ricorre inoltre alla valutazione del progetto formativo da parte di esponenti del mondo dell'industria, fra i quali i responsabili delle aziende cofinanziatrici di borse di dottorato e i membri del comitato di indirizzo permanente del Dipartimento.

Per il 41° ciclo di formazione dottorale, il collegio dei docenti, nel confermare l'eleggibilità di qualsiasi progetto che rientri nelle tematiche generali sopra descritte, ha identificato alcuni temi chiave che rivestono particolare interesse nel quadro dei molteplici progetti di ricerca in essere. Oltre ai temi specifici legati alle borse cofinanziate da aziende e/o su progetti (descritti in dettaglio nella sezione specifica del bando) sono stati individuati i seguenti temi:

1. Algoritmi quantistici per la fluidodinamica computazionale;
2. Instabilità termoacustiche nei moderni combustori;
3. Previsione delle prestazioni di droni in ambienti urbani;
4. Simulazione del volo dei droni;
5. Valutazione e previsione delle prestazioni di droni che volano in ambienti urbani;
6. Ricostruzione dello stato e dei carichi delle pale dell'elicottero tramite rilevamento virtuale per il monitoraggio dello stato e il miglioramento delle prestazioni;
7. Studio multiscala di modelli di diffusione e sincronizzazione su reti complesse ordinarie (interazioni dello stesso segno) e segnate (interazioni di entrambi i segni);
8. Materiali intelligenti per applicazioni avanzate;
9. Analisi di ugelli come dispositivo passivo di riduzione del rumore per il rumore del getto;
10. Caratterizzazione meccanica avanzata su scala nanometrica di microcapsule;
11. Architetture di Raffreddamento Avanzate per Convertitori Statici di Potenza e Azionamenti Elettrici;
12. Convertitori di Potenza di Nuova Generazione e Strutture di Controllo Avanzate.

### **Obiettivi del corso**

Il presente progetto di formazione dottorale intende fornire competenze avanzate e capacità tecniche di modellazione e di sviluppo metodologico finalizzate all'analisi e alla progettazione di sistemi tecnologici complessi che garantiscano il pieno soddisfacimento delle esigenze emergenti dalla società civile garantendo, al contempo, la piena sostenibilità ambientale e l'accettazione delle innovazioni tecnologiche da parte dei cittadini. Questo ambizioso progetto richiede un approccio intrinsecamente multidisciplinare che permetta al futuro dottore di ricerca di svolgere attività di innovazione negli ambiti propri dell'ingegneria industriale, dell'informazione e dell'ingegneria civile, traendo vantaggio anche dalle conoscenze proprie delle scienze di base. In quest'ottica, assume un'importanza vitale la capacità di impostare e risolvere problemi multidisciplinari di elevatissima complessità, affrontabili solo se in possesso di una preparazione ad amplissimo spettro, allineata con le frontiere più avanzate della ricerca.

La forte natura multidisciplinare dei membri del Collegio, evidenziata non solo dai settori scientifici di appartenenza, ma anche dalla multiformità delle tematiche di ricerca documentate nella consistente produzione scientifica, garantisce l'impalcatura culturale sulla quale costruire il programma formativo finalizzato agli ambiziosi obiettivi descritti. Corsi di alta qualificazione tenuti dai docenti del Collegio saranno parte integrante dell'attività formativa degli studenti, e saranno integrati da un'intensa attività seminariale svolta da esperti internazionali di riferimento dei rispettivi settori. All'inizio del loro percorso dottorale gli studenti potranno definire, con l'aiuto dei supervisori, il percorso formativo più adatto al loro

progetto scegliendo tra i corsi proposti dai docenti del collegio. Corsi e seminari non avranno il solo obiettivo di fornire le necessarie competenze teoriche con un approccio rigoroso e allineato con lo stato dell'arte nei rispettivi settori, ma anche preparare gli studenti ad operare con gli strumenti più avanzati per l'analisi sperimentale, la manifattura additiva assistita digitalmente, la caratterizzazione di materiali, la simulazione di sistemi complessi. La recente creazione di cinque Laboratori Diffusi all'interno del Dipartimento di Ingegneria Civile, Informatica e delle Tecnologie Aeronautiche (DICITA) consentirà allo studente di operare nelle migliori condizioni per mettere in pratica questi obiettivi. Attraverso l'attività di laboratorio lo studente potrà acquisire le competenze e le tecniche operative multidisciplinari e trasversali attualmente molto richieste dal mondo lavorativo. I laboratori diffusi che sono stati recentemente attivati presso il DICITA sono:

1. Laboratorio Diffuso di Modelli Computazionali per Sistemi Complessi (MCSisCom)
2. Laboratorio Diffuso Sicurezza dei Sistemi Naturali e delle Infrastrutture (DISSEMINATE)
3. Laboratorio Diffuso Di Caratterizzazioni Ottiche E Magneto Elettro-Acustiche (COMETA)
4. Laboratorio Diffuso di Real-Time Digital Twin per progettazione e diagnostica avanzate (RTD-Twin)
5. Laboratorio Diffuso di Additive Manufacturing (3DINGLab – già recentemente potenziato).

L'investimento infrastrutturale legato alla creazione e al futuro sviluppo dei laboratori diffusi permetterà agli studenti di dottorato di pianificare le loro attività facendo affidamento su un contesto operativo di elevatissimo valore tecnologico, in costante evoluzione e allineato con i più avanzati laboratori in ambito internazionale, europeo ed extraeuropeo. Le dotazioni tecnologiche dei laboratori diffusi faciliteranno l'interazione diretta con ricercatori e dottorandi operanti in analoghe strutture all'estero, permettendo lo scambio di dati, la verifica incrociata di metodologie e modelli e, ovviamente, la mobilità in ingresso e in uscita di studenti.

A questo proposito, è opportuno specificare che verrà consolidata la prassi per i dottorandi di fruire, durante il dottorato, di un periodo significativo di permanenza all'estero, indicativamente da 3 mesi ad un anno. I dottorandi saranno ospitati da Università, centri di ricerca, aziende impegnate nella ricerca applicata, con sedi in paesi europei ed extraeuropei, approfittando dell'ampissima rete di contatti dei docenti e dei ricercatori afferenti al Collegio della presente proposta dottorale.

### **Sbocchi occupazionali e professionali previsti**

La figura professionale che verrà formata in accordo con i principi formativi descritti sarà caratterizzata da competenze specifiche di altissimo livello, inquadrata però in una visione intrinsecamente e profondamente multidisciplinare. La combinazione di competenze e infrastrutture, anche basata su una interconnessa rete di collaborazioni internazionali, potrà permettere allo studente di acquisire quelle competenze trasversali che, unite alle specializzazioni verticali specifiche di ogni progetto, forniranno la flessibilità e l'elasticità che oggi sono sempre più richieste a ricercatori e ingegneri impegnati nello sviluppo e consolidamento di nuovi metodi e modelli per l'ingegneria sostenibile. Questo permetterà al futuro dottore di ricerca di mettere a disposizione la sua preparazione peculiare, pertinente all'ambito disciplinare di appartenenza, nei contesti più diversificati, interfacciandosi in maniera efficace con i

colleghi di diversa estrazione. Il dottore di ricerca potrà integrarsi senza difficoltà in gruppi di lavoro precostituiti e contribuire fattivamente a formarne di nuovi. Lo sviluppo delle cosiddette soft-skills sarà un aspetto che non verrà trascurato nel processo formativo. La capacità di comunicare, di affrontare e risolvere problemi, di adattarsi a condizioni operative in rapida evoluzione e di mantenere sempre alto il livello di creatività saranno caratteristiche che contribuiranno a rendere la figura professionale del futuro dottore di ricerca di sicuro interesse per qualsiasi contesto lavorativo.

Bisogna inoltre sottolineare come le tematiche trattate, le competenze acquisite e l'approccio teorico-sperimentale del percorso triennale renderanno il profilo del dottore di ricerca in uscita fortemente attrattivo per il mondo industriale. Le sfide tecnologiche previste nel prossimo futuro, quali, ad esempio, la transizione energetica e le energie rinnovabili oppure i nuovi paradigmi di trasporto aereo, navale e terrestre, imporranno alle nuove generazioni di ingegneri impegnati nel comparto produttivo capacità di modellazione ed analisi in linea con le più avanzate conoscenze. L'identificazione e la modellazione di sistemi non lineari, la caratterizzazione di materiali innovativi, le tecniche più avanzate di ottimizzazione in presenza di incertezze, il ricorso alla computational intelligence per l'analisi di dati e per le proiezioni, sono competenze sulle quali le industrie stanno investendo in maniera crescente. I profili formati dal presente progetto di dottorato saranno allineati con queste esigenze. Ovviamente, il profilo professionale in uscita dal dottorato di ricerca in Metodi e Modelli per l'Ingegneria Sostenibile sarà di sicuro interesse per centri ed enti di ricerca pubblici o privati e per istituzioni accademiche. L'accento che verrà posto sugli aspetti di internazionalizzazione garantirà la spendibilità delle professionalità sviluppate sul mercato del lavoro internazionale fornendo ai futuri dottori di ricerca la più libera e ampia possibilità di pianificazione della loro carriera e, in definitiva, della loro vita professionale.

## 2. Collegio dei docenti

### Coordinatore

| Cognome e Nome          | Ateneo/Istituzione              | Dipartimento/Struttura   | Qualifica                        | Settore conc. / Area CUN | Scopus Author ID / ORCID |
|-------------------------|---------------------------------|--|----------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <b>SEBASTIANI Marco</b> | Università degli Studi ROMA TRE | Ingegneria Civile, Informatica e delle Tecnologie Aeronautiche | Professore Associato (L. 240/10) | 09/D1 — Area 09          | Scopus: 7005846216       |

### Curriculum del coordinatore

Marco Sebastiani è un ricercatore nei campi della scienza dei materiali, dell'ingegneria delle superfici, della sintesi di film sottili e della caratterizzazione meccanica avanzata e microscopia su scala nanometrica. La sua esperienza gli ha permesso di ottenere riconoscimenti a livello mondiale, contribuendo in modo significativo sia alla ricerca accademica che alle applicazioni industriali. Nell'ultimo decennio, Sebastiani ha dimostrato capacità di leadership nel coordinamento e nella partecipazione a progetti di ricerca internazionali su larga scala, ottenendo prestigiosi riconoscimenti.

Dal punto di vista delle attività didattiche, dal 2011 è docente di vari corsi (sia fondamentali che avanzati) di Scienza e Tecnologia dei Materiali, nelle lauree triennali e magistrali in ingegneria aeronautica, meccanica e biomedicale presso l'università degli studi Roma tre.

La carriera di Sebastiani è caratterizzata dal suo ruolo di leader e di contributore chiave a una varietà di iniziative di ricerca europee e nazionali. Gli è stata assegnata una borsa di studio Fulbright, che sottolinea la sua posizione internazionale e la sua capacità di promuovere collaborazioni internazionali. La sua leadership è particolarmente evidente nel suo coinvolgimento in progetti europei e nazionali. Negli ultimi dieci anni, Sebastiani è stato coordinatore di due importanti progetti europei e di due grandi progetti nazionali, uno dei quali è il progetto PRIN2020 CONCERTO, in cui ha assunto il ruolo chiave di coordinatore di progetto. Nel più ampio contesto dello sviluppo delle infrastrutture di ricerca, Sebastiani ha anche guidato l'unità dell'Università Roma Tre nell'ambito del progetto PNRR iENTRANCE@ENL, un'iniziativa volta a supportare la transizione energetica e gli sforzi per l'economia circolare. La sua esperienza nel coordinamento di progetti si estende a complesse collaborazioni multidisciplinari. In particolare, Sebastiani ha guidato con successo work package in sei grandi progetti europei, tra cui DigiCell, MIRIA, COBRAIN, NANOMECOMMONS, OYSTER e ISTRESS. In questi ruoli, ha dimostrato capacità organizzative e gestionali, unite alla capacità di destreggiarsi nelle complesse dinamiche dei consorzi di ricerca internazionali. Il suo lavoro di ricerca si è essenzialmente concentrato sulla caratterizzazione su scala nanometrica di materiali all'avanguardia e sullo sviluppo di percorsi innovativi di progettazione e sintesi per nanomateriali, contribuendo in modo significativo ai progressi nel settore.

Oltre al coordinamento di progetti di ricerca, Sebastiani è profondamente coinvolto nella comunità accademica ed editoriale. È editor dell'importante rivista "Materials and Design" (IF 7.6). È costantemente

Guest Editor per diverse riviste internazionali di alto impatto, tra cui "Current Opinion in Solid State & Materials Science" (IF 12.2); "Materials Science and Engineering A" (IF 6.1) e "Nanomaterials" (IF 4.4).

Inoltre, è co-fondatore e membro attivo dell'European Materials Characterisation Council (EMCC), a ulteriore dimostrazione del suo impegno per il progresso del settore su scala continentale. È anche membro attivo dell'azione europea AMI2030 in corso, che sta portando alla creazione di una nuova Partnership Europea sui Materiali Avanzati (IM4EU). A ulteriore dimostrazione delle sue capacità di leadership e gestione della ricerca, dal 2021 ricopre il ruolo di Vicedirettore per le attività di ricerca presso il Dipartimento di Ingegneria Civile, Informatica e Aeronautica dell'Università Roma Tre.

L'impatto della ricerca di Sebastiani si riflette nel suo eccezionale curriculum di pubblicazioni. Secondo Scopus, è coautore di 118 articoli sottoposti a revisione paritaria, ottenendo oltre 5000 citazioni e un indice-h di 35 (maggio 2025). Questi parametri evidenziano il suo influente contributo alla conoscenza scientifica e il suo ampio impegno con la comunità scientifica. Il lavoro di Sebastiani non è stato solo influente a livello accademico, ma anche ampiamente riconosciuto nella sfera pubblica. La sua ricerca è stata presentata da importanti testate giornalistiche italiane, tra cui IL SOLE 24 ORE, TG1/RAI e la rivista di innovazione PLATINUM, evidenziando la rilevanza sociale e le applicazioni pratiche del suo lavoro. Ulteriori risultati e dettagli sono riportati nel CV allegato a questa proposta. Nel 2023, i suoi successi gli hanno fatto guadagnare un posto tra il 2% degli scienziati più influenti a livello globale, secondo la Stanford University.

### Riferimenti

1. <https://www.concerto-prin.it>
2. <https://www.ientrance.eu/home/>
3. <https://www.digicell-project.eu>
4. <https://www.miriaproject.eu>
5. <https://www.cobrain-project.eu>
6. <https://www.nanomecommons.net>
7. <https://cordis.europa.eu/project/id/760827/>
8. <https://cordis.europa.eu/project/id/604646>
9. <https://www.sciencedirect.com/journal/materials-and-design/about/editorial-board>
10. <http://characterisation.eu/council-structure/>
11. <https://www.ami2030.eu>

**Componenti del collegio (Personale Docente e Ricercatori delle Università Italiane)**

| n. | Cognome e Nome          | Ruolo               | Qualifica  | Settore conc. | Area CUN | SSD        | Scopus ID   |
|----|-------------------------|---------------------|--|---------------|----------|------------|-------------|
| 1  | BEMPORAD Edoardo        | Componente          | Professore Ordinario                                   | 09/D1         | 09       | ING-IND/22 | 6603406713  |
| 2  | BERNARDINI Giovanni     | Componente          | Professore Associato (L. 240/10)                       | 09/A1         | 09       | ING-IND/04 | 35232425700 |
| 3  | CALIANO Giosue'         | Componente          | Professore Associato (L. 240/10)                       | 09/E1         | 09       | ING-IND/31 | 6603730794  |
| 4  | CAMUSSI Roberto         | Componente          | Professore Ordinario                                   | 09/A1         | 09       | ING-IND/06 | 7004133150  |
| 5  | CARRESE Stefano         | Componente          | Professore Ordinario (L. 240/10)                       | 08/A3         | 08       | ICAR/05    | 6507418153  |
| 6  | CINCOTTI Gabriella      | Componente          | Professore Ordinario                                   | 09/G2         | 09       | ING-INF/06 | 7006105313  |
| 7  | DI MARCO Alessandro     | Componente          | Professore Associato (L. 240/10)                       | 09/A1         | 09       | ING-IND/06 | 24503030900 |
| 8  | GABRIELLI Andrea        | Componente          | Professore Associato (L. 240/10)                       | 02/B2         | 02       | FIS/03     | 57208761172 |
| 9  | GENNARETTI Massimo      | Componente          | Professore Ordinario                                   | 09/A1         | 09       | ING-IND/04 | 6701446768  |
| 10 | IEMMA Umberto           | Componente          | Professore Ordinario (L. 240/10)                       | 09/A1         | 09       | ING-IND/04 | 55843896300 |
| 11 | LANZARA Giulia          | Componente          | Professore Associato (L. 240/10)                       | 09/D1         | 09       | ING-IND/22 | 24436633700 |
| 12 | LIDOZZI Alessandro      | Componente          | Professore Associato (L. 240/10)                       | 09/E2         | 09       | ING-IND/32 | 24766926100 |
| 13 | MANCINELLI Matteo       | Componente          | Ricercatore a t.d. - t.pieno (art. 24 c.3-b L. 240/10) | 09/A1         | 09       | ING-IND/06 | 57190523173 |
| 14 | SALVINI Alessandro      | Componente          | Professore Ordinario                                   | 09/E1         | 09       | ING-IND/31 | 7004998609  |
| 15 | <b>SEBASTIANI Marco</b> | <b>Coordinatore</b> | Professore Associato (L. 240/10)                       | 09/D1         | 09       | ING-IND/22 | 7005846216  |
| 16 | SERAFINI Jacopo         | Componente          | Professore Associato (L. 240/10)                       | 09/A1         | 09       | ING-IND/03 | 18134636300 |
| 17 | SOLERO Luca             | Componente          | Professore Ordinario (L. 240/10)                       | 09/E2         | 09       | ING-IND/32 | 35513447200 |

### 3. Progetto formativo

#### Attività didattica programmata/prevista — Insegnamenti previsti

| n. | Denominazione dell'insegnamento  | Ore totali | Distribuzione nel ciclo | Descrizione del corso   | Verifica finale |
|----|--|------------|-------------------------|---|-----------------|
| 1  | <b>Presentazione ed analisi critica dello stato dell'arte su materiali intelligenti e funzionali</b> | 18         | primo anno              | Presentazione ed analisi critica dello stato dell'arte su materiali intelligenti e funzionali, con particolare attenzione ai materiali nanostrutturati, i materiali compositi, e alle applicazioni in aeronautica e aerospazio.   | NO              |
| 2  | <b>Computational Intelligence</b>  | 12         | secondo anno            | Euristiche. Calcolo Evolutivo. Calcolo Genetico. Calcolo Neurale. Machine Learning applicato. Soft Computing. Il corso ha lo scopo di fornire competenze relative allo sviluppo e all'utilizzo di metodologie per la soluzione di problemi ad alta complessità mediante le più avanzate tecniche euristiche e basate su intelligenza artificiale.                                 | NO              |
| 3  | <b>From Cyber-Physical System to Real-Time Digital Twin (for Electric Power Applications)</b>        | 16         | secondo anno            | Il corso fornisce una panoramica degli strumenti per la modellazione di sistemi fisici su piattaforme di calcolo per real-time digital-twins. Sarà parte integrante del corso l'impiego 'hands-on' di simulatori Hardware-In-the-Loop (HIL) e Power Hardware-In-the-Loop (PHIL).  | NO              |
| 4  | <b>Theory of Complex Networks</b>  | 12         | primo anno              | introduzione e approfondimenti sulla teoria delle reti complesse, e la loro rilevanza in vari ambiti dell'ingegneria, con particolare attenzione all'impatto potenziale sulla transizione verde e la transizione digitale.  | NO              |
| 5  | <b>Complementi di Dinamica del Continuo Deformabile</b>  | 12         | primo anno              | Complementi di Dinamica del Continuo Deformabile, e descrizione delle potenziali applicazioni ai diversi settori dell'ingegneria di interesse per il presente corso di dottorato, ed in maggior dettaglio per i settori aeronautico ed aerospaziale.  | NO              |
| 6  | <b>Metodologie multiscala avanzate relative alla caratterizzazione dei materiali</b>                 | 12         | primo anno              | Metodologie multiscala avanzate relative alla caratterizzazione morfologica, microstrutturale e microanalitica dei materiali in bulk o come film/rivestimenti mediante sonde ottiche, ioniche, elettroniche, rX e a contatto. Metodi modelli e tecniche avanzate e complementari per la caratterizzazione: fondamentali, modalità di funzionamento delle tecniche e applicazioni. | SI              |
| 7  | <b>Caratterizzazione meccanica correlativa</b>   | 16         | secondo anno            | Metodi modelli e tecniche per lo studio delle proprietà meccaniche complesse su scala micro e nano di sistemi ad elevate interfacce:  | SI              |

| n. | Denominazione dell'insegnamento   | Ore totali | Distribuzione nel ciclo   | Descrizione del corso  | Verifica finale |
|----|---|------------|---------------------------|--|-----------------|
|    | <b>multi-tecnica alla micro e nano-scala</b>  |            |                           | fondamenti, modalità di funzionamento delle tecniche e applicazioni.   |                 |
| 8  | <b>Ingegnerizzazione delle superfici per l'aumento delle prestazioni e la durabilità</b>                  | 16         | secondo anno              | Metodi modelli e tecniche per la realizzazione di film, rivestimenti e ricoprimenti utilizzati per lo studio delle proprietà superficiali di sistemi per applicazioni nell'ingegneria meccanica avanzata e nei micro-dispositivi: fondamenti, modellazione numerica e analitica, metodi di caratterizzazione mediante test tecnologici, meccanici, tribologici e chimici.                                | <b>SI</b>       |
| 9  | <b>3D printing su scala nano-micro-meso per lo studio di materiali nanostrutturati e nanoarchitetture</b> | 16         | secondo anno              | Principi e metodi per la prototipazione rapida ad elevata risoluzione per lo studio delle proprietà multiscale dei materiali. Il corso ha lo scopo di fornire al dottorando le competenze per la produzione di prototipi di altissima risoluzione che possano essere utilizzati per lo studio delle proprietà meccaniche fino a scale nanometriche per applicazioni su microdispositivi e nanomateriali. | <b>SI</b>       |
| 10 | <b>Short Course in Aeroacoustics</b>  | 12         | primo anno / secondo anno | Il corso fornisce un'introduzione ai principali concetti della fluidodinamica e acustica computazionale con particolare riferimento all'implementazione di metodologie high-fidelity che sfruttino piattaforme di calcolo parallelo.   | <b>NO</b>       |
| 11 | <b>Short course on CFD and CAA</b>  | 16         | primo anno / secondo anno | Introduzione, complementi e approfondimenti sui metodi CFD (Computational Fluid Dynamics) e CAA (Computational Aeroacoustics), e come essi si possano applicare ai settori chiave dell'ingegneria aeronautica ed aerospaziale.   | <b>NO</b>       |

## 4. Strutture operative e scientifiche

| Tipologia                          | Descrizione sintetica   |
|------------------------------------|---|
| <b>Attrezzature e/o Laboratori</b> | I laboratori presso i quali i dottorandi possono condurre le attività di ricerca sono quelli disponibili presso il DICITA, ove sono disponibili tutte le risorse strumentali e di calcolo idonee. La recente costituzione dei laboratori diffusi (vedi sezione di descrizione e obiettivi) mette a disposizione di ogni dottorando l'intero apparato strumentale del dipartimento, permettendo la pianificazione di attività trasversali in maniera semplice ed efficace.   |
| <b>Patrimonio librario</b>         | I dottorandi possono avvalersi del centro documentale di sezione, e della Biblioteca di area Scientifico Tecnologica, collocata presso la stessa sede del dipartimento e dei suoi principali laboratori. La dotazione documentale della BaST copre tutte le tematiche proprie del corso e permette un agevole consultazione del materiale digitale da qualsiasi postazione interna e esterna (tramite VPN).   |
| <b>Patrimonio librario</b>         | Gli abbonamenti alle riviste cartacee sono stati disdetti per incrementare l'impegno economico verso le banche dati online che consentono un aggiornamento più rapido dello stato dell'arte riguardo a tutte le tematiche proprie del corso di dottorato.   |
| <b>E-resources</b>                 | Esistono numerose convenzioni di ateneo con i più grandi provider mondiali (Elsevier, Thomson), ai quali i dottorandi possono accedere una volta acquisite le credenziali personali dall'ufficio ricerca. E' anche attivo e disponibile il sistema di ricerca e consultazione basato su Scopus e WOS. I dottorandi saranno incoraggiati all'utilizzo delle piattaforme di condivisione dati e documenti ad accesso aperto.  |
| <b>E-resources</b>                 | Il dipartimento offre laboratori comuni di calcolo che si affiancano a quelli autonomi dei singoli gruppi. Sono disponibili contratti di licenza per i software Mathematica, Matlab, l'intero catalogo AutoDesk, COMSOL, Labview, Ansys-Fluent. Particolare attenzione è rivolta agli strumenti avanzati opensource in qualità di utenti (OpenFOAM, SU2, FreeCAD...) o sviluppatori (AcouSTO, FRIDA...).  |
| <b>E-resources</b>                 | Ogni gruppo di lavoro ospita i dottorandi negli spazi dedicati alle attività di laboratorio relative alle ricerche nelle quali lo studente è coinvolto. Esistono a livello di sezione e di dipartimento varie strutture di accoglienza che offrono spazi per lo studio, le attività compilative e l'accesso alla rete. Sono disponibili strumenti hardware per il calcolo intensivo basati su tecnologie scalari e distribuite di ultima generazione.   |
| <b>Altro</b>                       | Viene data grande importanza al concetto di "open science", incoraggiando i dottorandi ad utilizzare gli strumenti di condivisione ad accesso libero. All'atto dell'attivazione verrà istituita una comunità sulla piattaforma Zenodo, collegata all'infrastruttura OpenAIRE (Open Access Infrastructure for Research in Europe). I dottorandi dovranno pubblicare i risultati della loro ricerca secondo i criteri di green/gold open access (Berlin Declaration on Open Access to Knowledge in Sciences, 2003). |