

Corso di Dottorato di Ricerca In Ingegneria Civile ed Industriale (DICI)

XL Ciclo

Università della Calabria

1. Descrizione del progetto:

Il Dottorato di Ricerca in Ingegneria Civile e Industriale (DICI) nasce dall'esperienza della Scuola di Dottorato "Pitagora" in Scienze Ingegneristiche. Il DICI mira alla determinazione di una solida cultura metodologica, ottenuta mediante l'erogazione di corsi di III livello cui si affiancheranno percorsi scientifici personalizzati, basati sulla conduzione di attività di laboratorio e di ricerca presso l'Ateneo o altre strutture nazionali e internazionali. La proposta è strutturata in due curricula: Ingegneria Civile ed Ingegneria Industriale, che includono approcci a carattere multidisciplinare e interdisciplinare tra le due aree, favorendo approfondimenti di alto profilo nell'ambito dei campi di interesse di ciascun settore disciplinare.

Il curriculum in Ingegneria Civile si basa sulle aree caratterizzanti l'ingegneria civile e l'ingegneria edile-architettura, quali l'idraulica e le costruzioni idrauliche, le infrastrutture ed i sistemi di trasporto, la geotecnica, la scienza e la tecnica delle costruzioni, l'architettura tecnica, la composizione architettonica ed il restauro, l'urbanistica e la pianificazione territoriale. In ciascuna delle suddette aree, vengono sviluppate tematiche legate anche alla trasformazione delle opere, riprendendo temi classici dell'ingegneria civile e dell'architettura e riproponendoli alla luce delle nuove esigenze di sostenibilità e sicurezza. In particolare, il corso promuove ricerche originali e innovative sui criteri e sulle metodologie finalizzate alla progettazione architettonica, al rilievo ed al restauro dei beni culturali, alle tecniche costruttive sostenibili, alla protezione delle costruzioni e del territorio in relazione ai rischi naturali, in particolare idrogeologico e sismico, alla progettazione, gestione e manutenzione delle opere idrauliche e marittime, delle infrastrutture e dei sistemi di trasporto, alla pianificazione territoriale e alla rigenerazione urbana.

Per quanto riguarda il curriculum in Ingegneria Industriale, il corso promuove ricerche originali e innovative su tematiche proprie dei diversi settori scientifico-disciplinari concorrenti al profilo dell'Ingegnere Industriale e specificatamente negli ambiti della fisica tecnica, della meccanica applicata alle macchine, della progettazione industriale e delle costruzioni meccaniche, delle tecnologie e sistemi di lavorazione, degli impianti industriali meccanici e dell'ingegneria economico gestionale, della scienza e tecnologia dei materiali, dei sistemi, metodi e tecnologie dell'ingegneria chimica e di processo, delle macchine e dei sistemi per l'energia e l'ambiente. In quest'ultimo ambito, in particolare, si affrontano tematiche legate alla transizione energetica e digitale, ed alle relative tecnologie abilitanti (risorse rinnovabili, decarbonizzazione, combustibili innovativi e sostenibili, idrogeno, sistemi di accumulo). Nei suddetti ambiti, si inseriranno ricerche finalizzate sia all'avanzamento dello stato dell'arte mediante lo sviluppo di metodologie innovative, sia al superamento di gap di natura tecnologica che limitano l'impiego di tali metodologie in contesti industriali. In tal modo, le ricerche condotte dagli studenti di dottorato avranno ricadute non solo sulla formazione degli stessi, ma anche sulla comunità scientifica e sul mondo industriale, rispetto al quale il curriculum in parola si propone come interlocutore foriero di potenziali linee di sviluppo ed innovazione.

Il DICI, a vocazione fortemente tecnologica, rappresenta pertanto il naturale completamento dei percorsi di studio offerti nelle suddette aree disciplinari.

Oltre alle collaborazioni di ricerca con enti e atenei nazionali ed internazionali, il Collegio dei Docenti mantiene permanentemente collaborazioni e attività congiunte con aziende private italiane ed internazionali (Siemens, Stellantis, Airbus, NTT Data e molte altre). Grazie al tessuto industriale che lo circonda e supportato dalle iniziative ministeriali che puntano a rafforzare la collaborazione tra università e imprese, il DICI è promotore di numerosi accordi che permettono ad alcuni dei propri allievi di conseguire un dottorato innovativo, a forte vocazione industriale. Pertanto, il profilo professionale ottenuto mediante la partecipazione al corso di dottorato è orientato sicuramente alla ricerca nelle scienze di base, nelle tecnologie e nei sistemi complessi a servizio dell'ingegneria civile e industriale, alla sperimentazione e alla divulgazione

di tecniche e materiali innovativi, ma anche alla formazione di futuri ricercatori e dirigenti altamente specializzati nella progettazione, gestione, controllo, sicurezza e monitoraggio di opere e manufatti civili ed industriali, anche ai fini della loro interazione con l'ambiente ed il territorio.

2. Obiettivi del corso:

Gli obiettivi del Dottorato di Ricerca consistono nel fornire competenze e conoscenze scientifiche e tecnologiche innovative, riguardanti un ampio spettro di argomenti ricadenti negli ambiti dell'Ingegneria Civile e dell'Ingegneria Industriale, allo scopo di formare figure di alta specializzazione ed in grado di affrontare complesse tematiche di ricerca utilizzando strumenti e metodi avanzati.

Per l'interdisciplinarietà delle tematiche, il dottorato è organizzato in percorsi formativi, con corsi generali e specialistici, finalizzati al trasferimento delle conoscenze di base e avanzate ed allo sviluppo di specifici argomenti di ricerca. La formazione si completa con esperienze presso i laboratori dei Dipartimenti coinvolti, con periodi di ricerca presso accreditate istituzioni nazionali ed estere, nonché mediante la partecipazione ad esperienze formative esterne. Sono, altresì, previste attività formative di tipo trasversale finalizzate all'integrazione delle conoscenze tecniche mediante l'acquisizione di competenze in ambito linguistico, informatico, nella gestione della ricerca, nella conoscenza dei sistemi di ricerca e di finanziamento, nella valorizzazione dei risultati della ricerca e della proprietà intellettuale e nella creazione di nuove imprese.

In linea con la visione che l'Ateneo si è data nel definire il proprio Piano Strategico i principali obiettivi formativi del DICI sono:

- la formazione avanzata inter/multidisciplinare nei campi dell'ingegneria civile e industriale, come importante leva di intervento a disposizione degli allievi per incidere sul proprio status economico e sociale e quale strumento essenziale per preparare professionisti di elevato profilo;
- la preparazione alla ricerca scientifica di base e applicata, che consente anche di affrontare problemi caratterizzati da elevati livelli di complessità;
- l'interazione con la comunità scientifica nazionale ed internazionale, anche attraverso la pubblicazione di articoli scientifici che contribuiscano allo sviluppo di attività di ricerca di alto valore, con impatto durevole sulla comunità scientifica, e che rafforzino la credibilità dell'Ateneo nel panorama scientifico;
- l'interazione con il pubblico generalista (bambini e ragazzi in età scolare e loro famiglie, stakeholder pubblici e privati) attraverso attività di public engagement, sfruttando anche i canali più accessibili ai giovani (social media);
- lo sviluppo di una capacità di ricerca innovatrice e autonoma, unita alla capacità di acquisire e gestire fondi per la ricerca, e avviare attività di trasferimento tecnologico;
- la promozione della crescita in un contesto internazionale, che offra agli allievi la possibilità di conoscere nuove realtà e di pensare al proprio progetto professionale e di vita in un contesto globale;
- la creazione, per gli allievi, di importanti occasioni di incontro con il mondo delle imprese allo scopo di beneficiare dei percorsi virtuosi che stanno maturando tra università ed aziende;
- l'acquisizione di una progressiva indipendenza scientifica e la stimolazione continua della loro capacità critica;
- la piena comprensione degli aspetti legati alla sostenibilità, anche attraverso la partecipazione ai corsi trasversali organizzati dall'Ateneo su tale tematica.

L'obiettivo di fornire agli allievi una formazione avanzata inter/multidisciplinare sarà conseguito attraverso l'implementazione di percorsi formativi personalizzati, in cui centrale sarà la frequenza di insegnamenti di terzo livello offerti dal DICI. I dottorandi potranno costruire, con il supporto del loro supervisore, il proprio piano formativo, costituito da corsi di tipo scientifico e di tipo trasversale scelti sulla base della propria formazione e degli obiettivi scientifici del loro progetto di ricerca. I piani formativi dovranno permettere al dottorando di acquisire almeno 30 CFU nei tre anni, di cui almeno 18 CFU (72 ore) legati ad insegnamenti di tipo scientifico e almeno 6 CFU (24 ore) derivanti da insegnamenti di tipo trasversale, in entrambi i casi attingendo all'offerta formativa del DICI. Per il completamento del piano formativo, gli allievi del DICI potranno acquisire fino ad un massimo di 6 CFU attingendo a insegnamenti specifici per dottorandi offerti da altri Corsi di Dottorato dell'Unical o di altre università in Italia e all'estero. Per questi corsi, il numero di CFU sarà stabilito, caso per caso, dal Collegio dei Docenti. L'ammissione agli anni successivi viene decisa dal

Collegio dei Docenti in base al livello di raggiungimento degli obiettivi di ricerca e formativi previsti, per come dettagliati in una relazione ed in una presentazione di fine anno.

Si sottolinea, infine, che gli allievi dovranno, di norma, trascorrere un periodo di studio e ricerca all'estero di almeno novanta giorni, il quale apre le porte alla possibilità di conseguire il riconoscimento della certificazione aggiuntiva di "dottorato europeo", ovvero dell'etichetta di "dottorato internazionale".

3. Sbocchi occupazionali e professionali previsti

Nei Paesi occidentali, l'accrescimento delle competenze del capitale umano è ormai riconosciuto come uno dei principali elementi per il conseguimento di una crescita competitiva. Nei modelli di sviluppo per i sistemi industriali attuali, i fattori di successo non vanno solo ricercati nella massimizzazione della capacità produttiva, ma soprattutto nella capacità d'innovazione e nella qualità dei prodotti realizzati. Pertanto, l'istituzione del Dottorato e le specifiche valenze formative sono state pensate e attuate per formare un professionista con maggiori conoscenze specialistiche, in grado di sviluppare metodologie utili per promuovere e gestire sia attività d'innovazione di prodotto e di processo, sia progetti di ricerca nei diversi ambiti dell'Ingegneria Civile e Industriale. Inoltre, attraverso il perseguimento di una formazione avanzata sulle metodologie proprie della ricerca di base nei settori coinvolti, il DICI aprirà, per i propri allievi, sbocchi professionali di alto profilo nel settore pubblico, quali la carriera accademica nelle università e quella da ricercatore negli enti pubblici di ricerca, sia in Italia che all'estero.

L'offerta formativa, caratterizzata dall'interdisciplinarietà e sostenibilità delle attività proposte, fornirà ai dottori di ricerca la possibilità di svolgere attività di ricerca in istituzioni ed enti di ricerca, nonché di svolgere, in modo specialistico, attività professionali nel settore pubblico e privato, nelle fasi di progettazione e di gestione delle opere, di utilizzazione e

commercializzazione del prodotto finale. In particolare, si fa riferimento alle infrastrutture, alla difesa del territorio e dei manufatti dagli eventi naturali, alla gestione e alla pianificazione territoriale, per il curriculum civile, e alle tecnologie e al controllo delle produzioni per il curriculum industriale.

Molti allievi, che hanno conseguito il titolo di dottore di ricerca in Ingegneria Civile ed Industriale, lavorano nel settore della ricerca presso università italiane e straniere, europee ed extraeuropee, presso prestigiosi istituti di ricerca (CERN di Ginevra – Svizzera, ENEA) e presso centri di ricerca industriali sia in Italia che all'estero.

In considerazione della professionalità dei dottori di ricerca, dimostrata dagli elevati livelli occupazionali raggiunti, si ritiene che la formazione fornita dal dottorato sia adeguata alle sfide del mercato del lavoro, nel contesto nazionale ed internazionale.

Da una recente indagine che ha visto coinvolti gli allievi del DICI che hanno conseguito il dottorato di ricerca negli ultimi dodici mesi, emerge una elevata soddisfazione per il livello di utilizzo delle competenze acquisite, per le mansioni lavorative svolte e per la loro coerenza con gli studi condotti.

4. Coerenza con gli obiettivi del PNRR

I temi di ricerca che caratterizzano il DICI sono pienamente coerenti con quasi tutti gli ambiti tematici considerati nelle sei Missioni in cui si articola il PNRR.

Per quanto riguarda la Missione 1, diversi studi sono stati condotti nell'ambito della digitalizzazione, innovazione e sicurezza della pubblica amministrazione (M1C1) e del sistema produttivo (M1C2), nonché nel settore del turismo e cultura (M1C3), mediante l'elaborazione di nuovi modelli organizzativi e tecnologici, la sperimentazione di materiali e tecniche innovative per la riqualificazione del costruito, l'ottimizzazione dei processi di produzione in termini di qualità dei prodotti, efficienza dei sistemi e sostenibilità, il rilievo del costruito storico e monumentale con tecniche ottiche di misura 3D e l'ideazione di prototipi per il rilevamento sottomarino del patrimonio culturale sommerso.

Tutti gli ambiti tematici della Missione 2 (Rivoluzione verde e transizione ecologica) sono di grande importanza per il DICI. In particolare, diverse ricerche hanno riguardato l'uso di fonti di energia rinnovabile e di bio-risorse per la produzione sostenibile di vettori energetici, la proposta di soluzioni robotiche e meccanismi di presa innovativi per incrementare la sostenibilità di specifiche applicazioni in ambito agricolo (M2C1, M2C2), l'efficienza energetica degli edifici con fonti rinnovabili, la loro riqualificazione sismica

mediante l'utilizzo di esoscheletri dissipativi e non dissipativi (M2C3), la gestione sostenibile delle risorse idriche e la mitigazione dei rischi naturali e antropici ai fini della tutela del territorio, anche con l'impiego di tecnologie green a basso impatto ambientale e l'ideazione di sistemi smart per la previsione di eventi calamitosi (M2C4). Sempre nell'ambito della Missione 2, di interesse del DICI risulta anche la componente "Energia rinnovabile, idrogeno e mobilità sostenibile", tra i cui obiettivi emerge quello di incoraggiare la riduzione dell'uso di modi di trasporto inquinanti mediante il trasferimento a sistemi di mobilità collettiva e un maggiore sviluppo della mobilità lieve.

Anche il tema della mobilità sostenibile (Missione 3) rientra pienamente negli interessi del DICI. In tale ambito, le principali tematiche riguardano la gestione delle infrastrutture ferroviarie, l'impiego di modelli digitali per una mobilità sostenibile e a supporto dei sistemi logistici, la sicurezza stradale ed il recupero dell'energia dalle vibrazioni indotte dal passaggio dei treni per l'alimentazione di piccoli dispositivi elettronici e sensori in ambiente remoto.

Risulta di interesse per il DICI la Missione 4 in relazione sia alla componente 1 (M4C1 - Potenziamento dell'offerta dei servizi di istruzione: dagli asili nido all'Università"), sia alla componente 2 (M4C2 - Dalla ricerca all'impresa). In particolare, con riferimento alla M4C1, le tematiche di ricerca e le attività formative messe in campo dal DICI sono pienamente riconducibili agli obiettivi dell'Investimento 3.4 (Didattica e competenze universitarie avanzate), dell'Investimento 4.1 (Estensione del numero di dottorati di ricerca e dottorati innovativi per la pubblica amministrazione e il patrimonio culturale) e della sotto-misura T1 (Assegnazione di nuovi dottorati triennali in programmi dedicati alle transizioni digitali e ambientali). In relazione alla M4C2, si evidenzia come il DICI contribuisca al raggiungimento degli obiettivi perseguiti dalla Missione ed in particolare dall'Investimento 3.3 (Introduzione di dottorati innovativi che rispondono ai fabbisogni di innovazione delle imprese e promuovono l'assunzione dei ricercatori dalle imprese).

Di interesse per il DICI sono, altresì, le Componenti M5C2 (Infrastrutture sociali, famiglie, comunità e terzo settore) e M5C3 (Interventi speciali per la coesione territoriale) che fanno parte della Missione 5. Infine, rientrano nelle due Componenti della Missione 6 (Salute), alcune soluzioni meccatroniche per la riabilitazione ed il telemonitoraggio a domicilio dello stato di salute del paziente e le attività svolte per l'ideazione di nuovi dispositivi medici.

Su queste tematiche sono state prodotte numerose tesi di dottorato, brevetti e un gran numero di pubblicazioni scientifiche alle quali hanno anche collaborato dottorandi e dottori di ricerca del DICI.

Curriculum dottorali afferenti al Corso di dottorato

1. INGEGNERIA CIVILE

Il curriculum in Ingegneria Civile si basa sulle aree caratterizzanti l'ingegneria civile e l'ingegneria edile-architettura, quali l'idraulica e le costruzioni idrauliche, le infrastrutture ed i sistemi di trasporto, la geotecnica, la scienza e la tecnica delle costruzioni, l'architettura tecnica, la composizione architettonica ed il restauro, l'urbanistica e la pianificazione territoriale. Ciascuna di esse sviluppa tematiche legate anche alla trasformazione delle opere, riprendendo temi classici dell'ingegneria civile e dell'architettura e riproponendoli alla luce delle nuove esigenze di sostenibilità e sicurezza. In particolare, il corso promuove ricerche originali e innovative sui criteri e metodologie finalizzate ad affrontare le seguenti sfide:

- progettazione architettonica, rilievo e restauro dei beni culturali;
- tecniche costruttive sostenibili;
- protezione delle costruzioni e del territorio in relazione ai rischi naturali, in particolare idrogeologico e sismico;
- progettazione, gestione e manutenzione delle opere idrauliche e marittime, delle infrastrutture e dei sistemi di trasporto;
- pianificazione territoriale e alla rigenerazione urbana.

2. INGEGNERIA INDUSTRIALE

Per quanto riguarda il curriculum in Ingegneria Industriale, il corso promuove ricerche originali e innovative su tematiche proprie dei diversi settori scientifico-disciplinari concorrenti al profilo dell'Ingegnere Industriale e specificatamente nei seguenti ambiti di ricerca e formazione:

- fisica tecnica ambientale ed industriale;

- macchine e dei sistemi per l'energia e l'ambiente;
- meccanica applicata alle macchine;
- progettazione industriale e delle costruzioni meccaniche;
- tecnologie e sistemi di lavorazione;
- impianti industriali meccanici;
- ingegneria economico gestionale;
- scienza e tecnologia dei materiali;
- metodi e tecnologie dell'ingegneria chimica e di processo.

Nei suddetti ambiti, si inseriranno ricerche finalizzate sia all'avanzamento dello stato dell'arte mediante lo sviluppo di metodologie innovative, sia al superamento di gap di natura tecnologica che limitano l'impiego di tali metodologie in contesti industriali. In tal modo, le ricerche condotte dagli studenti di dottorato avranno ricadute non solo sulla formazione degli stessi, ma anche sulla comunità scientifica e sul mondo industriale, rispetto al quale il curriculum in parola si propone come interlocutore foriero di potenziali linee di sviluppo ed innovazione.

5. Manifesto degli studi

Tabella A. Elenco degli insegnamenti di tipo scientifico

N.	Denominazione dell'insegnamento	Anno	Curriculum	Lingua	Ore/CFU
1	Advanced scientific programming applied to process optimization and signal processing using Matlab	Primo	Civile e Industriale	EN/IT	20/5
2	Introduction to stochastic and mathematical modelling of discrete systems	Primo	Civile e Industriale		12/3
3	Random Utility-Based Discrete Choice Models	Primo	Civile e Industriale		12/3
4	Introduction to Python	Primo	Civile e Industriale		16/4
5	Computational Fluid Dynamics: Principles and Applications	Primo	Civile e Industriale		12/3
6	Design and analysis of experiments	Primo	Civile e Industriale		12/3
7	The Material Point Method for civil and industrial engineering	Secondo	Civile e Industriale		12/3
8	Verification and validation procedures for CFD simulations	Secondo	Civile e Industriale		12/2
9	Energy performances and design of sustainable buildings	Secondo	Civile e Industriale		12/3
10	Sostenibilità e Idrogeno: from Waste to Hydrogen and Energy (W2H&E), dalle biomasse all'idrogeno, all'energia	Secondo	Industriale		12/3
11	Nature-based solutions to address environmental challenges	Secondo	Civile		12/3
12	Integrazione tra i Processi di Rigenerazione Urbana e le tecniche Geospaziali Avanzate e l'Intelligenza Artificiale (GeoAI)	Secondo	Civile		12/3
13	Copernicus: Programme and Earth observation from satellite	Terzo	Civile		12/3
14	Membrane Engineering in the Green Deal: innovation in the generation, separation and storage of Hydrogen	Terzo	Industriale		8/2

Tabella B. Elenco delle azioni formative su gestione della ricerca, della conoscenza dei sistemi di ricerca e dei sistemi di finanziamento/Research management, funding systems

N.	Denominazione dell'insegnamento	Anno	Lingua	Ore/CFU
----	---------------------------------	------	--------	---------

1	How to conduct a Systematic Literature Review: design, methods and supporting tools	Primo	EN/IT	16/4
2	Introduction to Responsible Research and Innovation: Open Science and Scientific Integrity	Primo		4/1
3	DICI Workshop: Foresight and megatrend analysis in Civil and Industrial Engineering	Primo		4/1
4	Introduction to Horizon Europe with focus on funding schemes for Post-doctoral Research Fellows	Terzo		4/1

Tabella C. Elenco delle azioni formative per la valorizzazione della ricerca e della proprietà intellettuale/Enhancement of research results and patents

N.	Denominazione dell'insegnamento	Anno	Lingua	Ore/CFU
1	Spin-off creation: key fundamentals for a good plan	Secondo	EN/IT	8/2
2	Principles on IP, patents and valorization strategies	Terzo	EN/IT	4/1

Tabella D. Attività di perfezionamento linguistico/Linguistic skills

N.	Denominazione dell'insegnamento	Anno	Lingua	Ore/CFU
1	English for Academic Skills B2	Primo	EN	32/8