



Università degli Studi Guglielmo Marconi

Dottorato di Ricerca in Scienze Fisiche e Ingegneristiche per l'innovazione
e la sostenibilità

Progettazione del Corso di Dottorato

Sommario

1	PREMESSA	3
2	OBIETTIVI FORMATIVI	4
3	AMBITI DI RICERCA	5
3.1	SETTORI SCIENTIFICO DISCIPLINARI COINVOLTI	7
3.2	PARTENARIATO NAZIONALE E INTERNAZIONALE	7
4	SBOCCHI OCCUPAZIONALI E PROFESSIONALI PREVISTI	9
5	FORMAZIONE	10
5.1	METODOLOGIA FORMATIVA DIDATTICA E DI RICERCA	10
5.2	INSEGNAMENTI PREVISTI.....	10
5.2.1	<i>Laboratorio di Fisica, Chimica e Matematica</i>	11
5.2.2	<i>Laboratorio di Tecnologie innovative per sistemi energetici sostenibili</i>	11
5.2.3	<i>Laboratorio di Progettazione Urbanistica</i>	11
5.2.4	<i>Incontri di Fisica e Fisica Moderna</i>	12
5.3	ALTRE ATTIVITÀ DIDATTICHE	12
5.3.1	<i>Seminari</i>	12
5.3.2	<i>Attività di laboratorio in presenza e da remoto</i>	13
5.3.3	<i>Attività presso infrastrutture di ricerca</i>	13
5.3.4	<i>Perfezionamento linguistico</i>	13
5.3.5	<i>Perfezionamento informatico</i>	13
5.3.6	<i>Gestione della ricerca e della conoscenza dei sistemi di ricerca europei e internazionali</i>	14
5.3.7	<i>Valorizzazione e disseminazione dei risultati, della proprietà intellettuale e dell'accesso aperto ai dati e ai prodotti della ricerca</i>	14
5.3.8	<i>Principi fondamentali di etica, uguaglianza di genere e integrità</i>	14
6	COERENZA CON GLI OBIETTIVI DEL PNRR	15

1 Premessa

Tale documento è redatto come guida alla progettazione del corso di Dottorato, riportando:

- OBIETTIVI FORMATIVI
- AMBITI DI RICERCA con i SSD, SC, aree e partner nazionali e internazionali
- SBOCCHI OCCUPAZIONALI
- FORMAZIONE con metodologia, insegnamenti e le altre attività didattiche prevedibili
- COERENZA CON GLI OBIETTIVI DEL PNRR

Quindi le motivazioni del progetto formativo e di ricerca del Corso di Dottorato di Ricerca vengono principalmente espone negli obiettivi formativi e negli sbocchi occupazionali mentre le potenzialità di sviluppo e aggiornamento del progetto formativo e di ricerca del Corso di Dottorato di Ricerca vengono principalmente espone negli ambiti di ricerca, formazione e nella coerenza con gli obiettivi del PNRR.

L'evoluzione culturale e scientifica delle aree di riferimento viene principalmente espone negli ambiti di ricerca ma anche negli sbocchi occupazionali e negli obiettivi formativi si descrive l'evoluzione delle aree di riferimento.

Tutti i punti sono stati discussi e approfonditi dai membri del collegio anche tramite consultazioni con le parti interessate (interne ed esterne) ai profili culturali e professionali in uscita.

2 Obiettivi formativi

Il Dottorato in SCIENZE FISICHE E INGEGNERISTICHE PER L'INNOVAZIONE E LA SOSTENIBILITÀ intende promuovere la preparazione di ricercatori e professionisti capaci di essere fulcro di innovazione per l'industria e la società, di contribuire allo sviluppo di nuove conoscenze, di gestire progetti originali di ricerca e sviluppo, portando autonomamente a termine programmi di importanza strategica. Per conseguire tale obiettivo, il Corso promuove e supporta una forte integrazione tra ricerca di base e applicata con un alto grado di interdisciplinarietà, con particolare attenzione sia verso le realtà produttive attive in questo settore (si vedano ad esempio le varie collaborazioni nei vari progetti di ricerca dei membri del collegio come ad esempio le aziende SOLIDpower, Walter Tosto, ENERECO e HyGear partner del progetto BLAZE, le aziende ICI Caldaie, Calida Technologies, Marion Technologies partner del progetto GICO, le aziende SNAM e Rampini partner del progetto LIFE3H, ecc.) e sia verso la ricerca per mezzo di possibili spin off che possano essere sviluppati nell'ambito del dottorato stesso creando così nuove realtà produttive al momento inesistenti (utilizzando non solo il laboratorio Marconi, quale struttura operativa di questo dottorato, ma anche i centri Marconi (e.g. Innovation Hub, CERITED "Centro di Ricerca per la Transizione Ecologica e Digitale", CARE "Center for Automotive Research and evolution") e le strutture di altri enti con cui USGM o direttamente il DSI hanno accordi). Tale multidisciplinarietà è concepita come inevitabile integrazione e sinergia tra le competenze ingegneristiche progettuali, energetiche ed informatiche con quelle di carattere fisico e matematico e quelle di ingegneria civile e architettura, al fine di promuovere un percorso capace di formare persone autosufficienti, sia nell'utilizzo di strumenti e metodi per la ricerca, sia di capacità di trasferimento di tali elevate competenze nell'ambito di innovazione di impresa.

In particolare, il dottorato intende essere lo strumento per la formazione avanzata di professionisti in grado di muoversi all'interno dei futuri scenari tecnologici nei vari contesti (Sistemi per l'energia e l'ambiente; Fisica Tecnica Ambientale; Macchine a Fluido; Misure Meccaniche e Termiche; Progettazione Meccanica e Costruzione di Macchine; Telecomunicazioni; Sistemi di Elaborazione delle Informazioni; Geotecnica; Tecnica delle Costruzioni; Tecnica e Pianificazione Urbanistica; Fisica Sperimentale; Fisica Matematica; Analisi Matematica) con una preparazione multidisciplinare in grado di gestire sotto tutti i punti di vista una produzione industriale e di servizi tecnologicamente avanzata, dove innovazione di prodotto e di processo si realizza in modo integrato anche con il territorio e l'ambiente, con gestione di big data e con uno sguardo attento alla sostenibilità ed alla scienza di base, motore dell'innovazione. Le conoscenze inoltre delle metodologie di sviluppo prodotto, di gestione e analisi dei processi, dei materiali, dei sistemi energetici di produzione, stoccaggio ed utilizzo dell'energia, ivi compresi i sistemi avanzati di mobilità, faciliteranno l'implementazione di approcci ingegneristici avanzati richiesti oggi dal mercato del lavoro. Il territorio e le trasformazioni urbane (anche di rigenerazione dell'esistente) saranno il giusto contesto di riferimento. Tutto ciò spiega il potenziale innovativo in termini di possibilità brevettuali associate a questa attività e di crescita personale dell'eventuale vincitore di questo dottorato.

3 Ambiti di ricerca

Il Dottorato in SCIENZE FISICHE E INGEGNERISTICHE PER L'INNOVAZIONE E LA SOSTENIBILITÀ svolge attività di alta formazione e di ricerca scientifica collegata a 4 aree: 1) Ingegneria industriale e dell'informazione, 2) Ingegneria Civile e Architettura, 3) Scienze matematiche e informatiche, 4) Scienze Fisiche. In tali aree sono presenti i seguenti settori scientifici: ingegneria energetica, termomeccanica e nucleare; ingegneria meccanica, aerospaziale e navale; ingegneria elettrica, elettronica e misure; ingegneria delle telecomunicazioni e campi elettromagnetici; ingegneria informatica; pianificazione e progettazione urbanistica e territoriale, ingegneria strutturale e geotecnica, informatica, matematica, fisica delle interazioni fondamentali. Di fatto, la ricerca in ingegneria industriale e dell'informazione richiede sempre più competenze avanzate di scienze fisiche e matematiche e, per quanto riguarda l'applicazione nel territorio, di Ingegneria Civile e Architettura. Ne sono un esempio le ricerche sullo sviluppo e integrazione di sistemi a fonti rinnovabili, idrogeno e celle a combustibile, di sistemi di misura, controllo, automazione e gestione, di analisi geotecniche e strutturali avanzate, di analisi urbanistiche e paesaggistiche e in genere di pianificazione/progettazione/gestione di sistemi innovativi e sostenibili, che si ritrovano nelle pubblicazioni, progetti, brevetti e riconoscimenti dei membri del collegio del dottorato e nelle relative attività portate avanti dal Dipartimento di Scienze Ingegneristiche (DSI, dipartimento di tale dottorato) e dall'Università degli Studi Guglielmo Marconi, sia sperimentalmente, tramite il laboratorio con il test rig di processi elettrochimici (e.g. batterie/supercondensatori/celle a combustibile/elettrolizzatori) e di processi termochimici (e.g. condizionamento, pirolisi, gassificazione), sia simulativamente, tramite il server del DSI a cui docenti, ricercatori e studenti hanno accesso dotato di vari programmi (e.g. ASPEN, SIMAPRO). Quindi, il Corso di Dottorato ha contenuti formativi e di ricerca nelle tematiche strategiche per l'innovazione ad alto livello quali:

- Valutazione, progettazione, misura, controllo, realizzazione, ottimizzazione, gestione e dismissione (attraverso simulazione del comportamento e delle prestazioni a regime e in transitorio e test sperimentali) di materiali, processi, componenti, macchine, impianti e sistemi innovativi per la produzione, conversione/trasformazione, stoccaggio, trasporto, distribuzione e uso dell'energia in ambito civile e industriale, con particolare riferimento alla produzione da risorse locali e rinnovabili, alla generazione distribuita, ai vettori energetici innovativi, agli edifici e alle produzioni industriali e agricole e alla tutela dell'ambiente come impianti a fonti rinnovabili con uso di celle a combustibile (ad esempio si vedano i progetti europei UNIFHY, BLAZE, GICO, SO-FREE, LIFE3H incentrati su produzione da risorse rinnovabili, stoccaggio e distribuzione di idrogeno e suo uso in sistemi stazionari e per la mobilità con celle a combustibile) soprattutto attraverso lo sviluppo di modelli (black box, mono, bi e tri dimensionali) teorici (bilanci di materia e energia, modelli termodinamici, cinetici, fluidodinamici e loro mix) e/o sperimentali (e mix teorici-sperimentali) tramite software (e.g. MATLAB, ASPEN, SIMAPRO, FLUENT) e banchi-prova/test-rig e impianti pilota (e.g. batterie/supercondensatori/celle a combustibile/elettrolizzatori, sorbenti/catalizzatori, combustione/pirolisi/gassificazione attraverso alimentatori e banchi resistivi programmabili, EIS, GC, MS, TGA/DSC, forni, etc. presenti nel laboratorio Marconi e altre strumentazioni di laboratorio e impianti pilota presenti negli enti con cui la Marconi ha accordi di collaborazione) e lo studio delle proprietà fisiche, chimiche e termiche dei materiali comprese le tecniche di additive manufacturing; eco-design e green design e i biomateriali e i nanomateriali;
- Sistemi Energetici per la mobilità: power train innovativi, HEV (Hybrid Electric Vehicle), BEV (Battery Electric Vehicle), FCEV (Fuel Cell Electric Vehicle); Cicli di marcia e analisi energetico-emissive dell'utilizzo in condizioni reali (su strada) di veicoli; Attività di ricerca e sviluppo di tecnologie (compresi i sistemi elettronici di potenza) e soluzioni innovative (comprese quelle inerenti la gestione

della rete elettrica) per gli autoveicoli e per i sistemi industriali di mobilità, di comunicazione ed energetici; Auto a Guida Autonoma, V2I (Vehicle to Infrastructure) e V2V (Vehicle to Vehicle); smart mobility;

- Certificazione energetica e ambientale di materiali, processi, componenti, macchine, impianti e sistemi innovativi compresi gli edifici; Studio delle problematiche illuminotecniche ed acustiche degli ambienti confinati e non confinati; Ricerca e sviluppo di nuove metodologie per il benessere termoigrometrico degli ambienti confinati;
- Pianificazione energetica e ambientale, uso efficiente dell'energia nei settori industriale, terziario e residenziale ed analisi dei fabbisogni, della produzione locale da rinnovabili, dell'import/export di energia e delle relative emissioni in differenti atmosfere con particolare riferimento all'applicazione delle tecnologie e sistemi descritti nei punti precedenti e all'impatto ambientale dei sistemi energetici includendo LCA (Life Cycle Assessment), LCC (Life Cycle Cost), S-LCA (Social Life Cycle Analysis);
- Reverse engineering, rapid prototyping, tecniche integrate di progettazione (Desing for X, DESS), Lean Six Sigma, test accelerati per previsione del decadimento; manutenzione predittiva; automazione industriale e domotica; qualità e sicurezza;
- Valutazione, progettazione, misura, controllo, realizzazione, ottimizzazione, gestione e dismissione di sistemi informatici e reti; Architetture informatiche di nuova generazione; Sistemi cloud e distribuiti; Ingegneria del software; Affidabilità e sicurezza; Basi di dati e basi di conoscenza; Architetture innovative per il web; Elaborazione del linguaggio naturale; Apprendimento automatico; Basi di dati distribuite; Intelligenza artificiale; Sistemi di telecomunicazione wireless e reti di nuova generazione; Sistemi satellitari; sistemi avanzati di controllo del traffico terrestre, aereo e satellitare;
- Smart Grids, Smart Cities and Social Innovation;
- Governo del territorio, pianificazione urbanistica e consumo di suolo; Mitigazione del rischio sismico del territorio e del costruito, Concetti di base ed approcci relativi all'identificazione del rischio sismico per il territorio ed il costruito, Consolidamento e sostegno dei terreni, Tecniche di rilevamento per il monitoraggio del territorio, Vulnerabilità sismica di edifici e tecniche di intervento, Strumenti di normativa in merito alla valutazione e alla progettazione di interventi per la mitigazione del rischio sismico del territorio e del costruito.
- Aspetti teorici e applicativi di fisica e matematica come Fisica delle alte energie e relativi apparati sperimentali; Fisica Matematica e applicazioni di interesse energetico e ingegneristico; Fisica Teorica delle interazioni fondamentali e applicazioni allo sviluppo di nuove tecnologie.
- Tecnologie innovative e sostenibili per sistemi di educazione frontale e a distanza.

Gli ambiti di ricerca sopraelencati trovano riscontro diretto, trasversale e/o indiretto in quasi tutte le politiche strategiche del PNRR. In particolare, l'ambito di ricerca del dottorato per i progetti eseguiti con borsa ex D.M. n. 351 del 9 aprile 2022 è in relazione principalmente con la missione 2 rivoluzione verde e transizione ecologica (coprendo tutte le componenti di tale misura: M2C1: agricoltura sostenibile ed economia circolare; M2C2: energia rinnovabile, idrogeno, rete e mobilità sostenibile; M2C3: efficienza energetica e riqualificazione degli edifici; M2C4: tutela del territorio e della risorsa idrica); ma anche nella missione 1 digitalizzazione, innovazione, competitività, cultura e turismo (principale focus è sulla componente M1C2: digitalizzazione, innovazione e competitività nel sistema produttivo), nella missione 3 infrastrutture per una mobilità sostenibile (coprendo tutte le componenti di tale misura M3C1: investimenti sulla rete ferroviaria M3C2: intermodalità e logistica integrata), nella missione 4 Istruzione e Ricerca (coprendo la M4C1 ad esempio con lo sviluppo del laboratorio Marconi in remoto e per long term test, si veda progetto europeo RE-OPEN e M4C2 ad esempio con lo sviluppo di brevetti e spin-off). Inoltre, alcuni punti di forte connessione

si ritrovano nei temi generali della “Crescita intelligente. Sostenibile ed inclusiva” della “Coesione sociale e Territoriale”, della “Salute e resilienza economica, sociale ed istituzionale”, della “Transazione del verde”. Una particolare attenzione nel dottorato sarà data (in piena coerenza con gli obiettivi del PNRR che dedica al settore numerosi investimenti) al tema della “rigenerazione urbana”, intesa come uno strumento volto a “ridurre situazioni di emarginazione e degrado sociale nonché di migliorare la qualità del decoro urbano oltre che del contesto sociale e ambientale”, ed a quello della definizione di strumenti (come i Piani Urbani Integrati) che possano prevedere “una pianificazione urbanistica partecipata, con l'obiettivo di trasformare territori vulnerabili in città smart e sostenibili, limitando il consumo di suolo edificabile” (cit. PNRR). In generale, il dottorato è perfettamente in linea con gli obiettivi italiani, europei ed internazionali al 2030 e 2050 per una progressiva e completa decarbonizzazione. Tali obiettivi richiedono lo sviluppo di materiali, processi, componenti, macchine, impianti e sistemi innovativi e sostenibili in particolare nel settore energetico sia in ottica di compatibilità ambientale sia di sicurezza energetica sia di competitività. Da qui la necessità, e le enormi potenzialità, di investire sullo sviluppo di tutta la catena del valore di nuove tecnologie e nuovi vettori come l'idrogeno; processi che partono dalla ricerca, l'innovazione, il trasferimento tecnologico e l'alta formazione, e abbracciano tutto il campo delle produzioni (e.g. idrogeno verde, elettrolizzatori, celle a combustibile), delle infrastrutture (e.g. stazioni multipiattaforma, idrogenodotti, siti di depurazione e pressurizzazione e stoccaggio) e degli impieghi (e.g. mobilità sostenibile, settori “hard to abate” e impianti di potenza, stabilizzazione della rete, usi civili e industriali).

3.1 Settori scientifico disciplinari coinvolti

Coerentemente agli ambiti di ricerca illustrati, i settori scientifico disciplinari coinvolti sono 14:

ING-IND/09	Sistemi per l'energia e l'ambiente,
ING-IND/08	Macchine a fluido,
ING-IND/11	Fisica tecnica ambientale,
ING-IND/14	Progettazione meccanica e costruzione di macchine
ING-IND/12	Misure meccaniche e termiche,
ING-INF/03	Telecomunicazioni,
ING-INF/05	Sistemi di elaborazione delle informazioni,
ICAR/20	Tecnica e pianificazione urbanistica,
ICAR/09	Tecnica delle costruzioni con membri Grande,
ICAR/07	Geotecnica,
INF/01	Informatica,
MAT/07	Fisica matematica,
MAT/05	Analisi matematica,
FIS/01	Fisica sperimentale

Tali settori appartengono a 13 SC (in quanto ING-IND/09 e ING-IND/08 fanno parte dello stesso SC macchine e sistemi per l'energia e l'ambiente), 10 macro SC (ingegneria energetica, termomeccanica e nucleare; ingegneria meccanica, aerospaziale e navale; ingegneria elettrica, elettronica e misure; ingegneria delle telecomunicazioni e campi elettromagnetici; ingegneria informatica; pianificazione e progettazione urbanistica e territoriale, ingegneria strutturale e geotecnica, informatica, matematica, fisica delle interazioni fondamentali) e 4 Aree CUN (09-Ingegneria industriale e dell'informazione ,08-Ingegneria civile e Architettura, 01-Scienze matematiche ed informatiche, 02-Scienze fisiche).

3.2 Partenariato nazionale e internazionale

Le attività di formazione e ricerca del dottorato negli ambiti illustrati potranno avvalersi della collaborazione di Università, Enti di ricerca e aziende con i quali l'Università Guglielmo Marconi ha in essere rapporti istituzionalizzati. Tali partner sono i seguenti:

- Partner nazionali
 1. ENEA (Centri ricerche Casaccia e Trisaia)
 2. CNR (INFN, ITAE, etc.)
 3. Università Sapienza (dipartimenti DIAEE e SBAI)
 4. Università de L'Aquila (dipartimento DIIE)
 5. Università Tor Vegata (dipartimento DII)
 6. Università Campus Biomedico (dipartimento di DIC)
 7. Università Roma 3 (dipartimento DII)
 8. Università di Genova (dipartimento DICCA)
 9. Politecnico di Milano (dipartimento DE)
 10. Istituto di Scienze e Tecnologie dell'Informazione (ISTI)
 11. FERRARI SpA – Maranello (MO)
 12. CENTRO RICERCHE FIAT – Orbassano (TO)
 13. GE OIL & GAS – NUOVO PIGNONE – Firenze (FI)
 14. BONFIGLIOLI RIDUTTORI S.p.A. (BO)
 15. PIAGGIO & C. SpA – Pontedera (PI)
 16. ASSOKNOWLEDGE – Roma (RM)
 17. TOYOTA MOTOR ITALIA S.p.A – Roma (RM)
 18. SOLIDPOWER SpA – Trento (TN)
 19. WALTER TOSTO SpA – Chieti (CH)
 20. ENERECO SpA – Fano (PU)
 21. ICI CALDAIE SpA – Verona (VR)
 22. SNAM SpA – San Donato Milanese (MI)
 23. RAMPINI SpA – Passignano sul Trasimeno (PG)
- Partner internazionali
 1. Imperial College London - UK
 2. Ohio State University Columbus - USA
 3. Fermilab – USA
 4. Cern – SVIZZERA
 5. MIT - Massachusetts Institute Of Technology - USA
 6. FZJ – Germania
 7. University of California (Computer Science Department) - USA
 8. Stanford University (Electrical Engineering Department) - USA
 9. Università de Strasbourg - Francia
 10. Huelva University - Spagna
 11. Eindhoven University of Technology – Paesi Bassi
 12. Technischen Universität Wien - Austria
 13. MARIE TECNIMONT SpA - Francia
 14. IDIADA SpA - Spagna
 15. BALLARD Spa - Svezia
 16. MARION TECHNOLOGIES SpA - Francia
 17. CALIDA CLEANTECH Srl - Germania
 18. MAYHTEC – Francia
 19. HYGEAR - Olanda

4 Sbocchi occupazionali e professionali previsti

L'obiettivo del Dottorato è quello di formare esperti che, grazie alle competenze acquisite, siano in grado di guidare lo sviluppo dell'innovazione di processo e di prodotto nei vari ambiti industriali, civili e di ricerca, come lo sviluppo di sistemi energetici efficienti e sostenibili da fonti rinnovabili e celle a combustibile. In tal senso i futuri Dottori di Ricerca, in possesso sia di competenze tecniche specialistiche che di capacità operative di gestione dello sviluppo dell'innovazione, si potranno inserire, ad esempio, come Innovation Manager, Energy Manager, Fleet Manager, Product Manager o all'interno di reparti di Ricerca e Sviluppo, Progettazione, Produzione, Applicazione e Gestione, di enti pubblici e/o privati, per, ad esempio, la progettazione o gestione di impianti di produzione, distribuzione, stoccaggio e uso dell'energia; di controllo della sicurezza degli impianti e analisi e monitoraggio dell'impatto ambientale degli stessi; di razionalizzazione e ottimizzazione dell'uso delle risorse, di valutazione del rischio sismico del territorio e del costruito e della progettazione di specifici interventi. Inoltre, grazie alle discipline inerenti il governo del territorio, i futuri Dottori avranno competenze in grado di garantire il possesso dei fondamenti cognitivi e conoscitivi di un decision-maker nel Settore Pubblico ed, in generale, nelle attività di gestione delle trasformazioni urbane. Saranno in grado di progettare e implementare, in aderenza al quadro normativo esistente, i sistemi amministrativi e di management meglio rispondenti alle esigenze di una sua positiva funzionalità. Al fine di fornire una preparazione multidisciplinare, e grazie al connubio tra ricerca applicata e scienza di base, i futuri dottori di ricerca avranno la possibilità di apprendere le tecniche più avanzate di elaborazione dei dati e di analisi di processo, ampliando così le possibilità di occupazione in settori diversi. I futuri Dottori potranno quindi trovare occupazione presso Università, Centri di Ricerca pubblici o privati, industrie meccaniche, energetiche, automobilistiche e dell'informazione, aziende ed enti per la produzione e la conversione dell'energia e per la mobilità di persone e merci, imprese impiantistiche, industrie per l'automazione e la robotica, imprese manifatturiere in generale e nel contesto dei servizi, nella Pubblica Amministrazione e negli Enti locali. Particolare sviluppo occupazionale potrà essere dato anche al settore transazionale e dei servizi, sia per gli Enti pubblici che Privati, nonché nel settore delle Biotecnologie Applicate in ambito di innovazione tecnologica in Ingegneria Industriale e dell'Informazione, Ingegneria Civile e Architettura e Scienze Fisiche e Matematiche. Inoltre, nel caso che i risultati ottenuti durante il dottorato portino allo sviluppo di prodotti/processi originali e spendibili sul mercato, sarà possibile partecipare da protagonisti alla creazione di brevetti, nuove imprese e spin-off-accademici in particolar modo attraverso il centro Innovation hub della Marconi.

5 Formazione

5.1 Metodologia formativa didattica e di ricerca

Il dottorato si articola su processi di formazione caratterizzati dal ricorso a una combinazione di approcci metodologici disciplinari e interdisciplinari finalizzati a garantire lo sviluppo della ricerca negli ambiti descritti nel punto precedente tenendo presente lo Stato dell'arte e le innovazioni a livello nazionale, europeo e internazionale.

La metodologia di lavoro è caratterizzata da una forte interazione tra docenti e studenti/dottorandi e prevede il coinvolgimento anche di figure, laboratori e impianti appartenenti agli enti con cui la Marconi ha progetti di ricerca congiunti o accordi di collaborazione.

Per l'incremento delle competenze dei dottorandi il corso prevede un'offerta di programmi formativi che, sulla base delle specifiche competenze scientifiche dei componenti del collegio, si propone di definire un profilo ingegneristico caratterizzato da un elevato grado di specializzazione e da una comprensione critica delle tecnologie attuali e innovative sia nel contesto nazionale che in quello europeo e internazionale.

La relativa offerta didattica, suddivisa in attività comuni e in attività di carattere specialistico, prevede, quindi, 1) specifiche attività formative di contenuto interdisciplinare e in particolare diversi moduli di insegnamento ad hoc strutturati in cicli di lezioni frontali e interattive progressivamente aperti alla partecipazione diretta dei dottorandi con verifica finale (e.g. Perfezionamento linguistico e informatico, Gestione, valorizzazione e etica della ricerca, Laboratorio di Fisica, Chimica e Matematica) e 2) corsi di specializzazione su argomenti attinenti agli obiettivi formativi del singolo dottorando (e.g. Laboratorio di Tecnologie Innovative per Sistemi Energetici Sostenibili, di Progettazione urbanistica, Industry 4.0, Incontri di Fisica Moderna, Uso dei test rig e attrezzature presenti a Marconi come il test rig di batterie/supercondensatori/celle a combustibile/elettrolizzatori, sorbenti/catalizzatori, combustione/pirolisi/gassificazione, uso di alimentatori e banchi resistivi programmabili, EIS, GC, MS, TGA/DSC, forni, etc.). Tali attività sono integrate dalla partecipazione ai principali seminari, convegni, conferenze e giornate di studio del settore.

5.2 Insegnamenti previsti

Coerentemente agli obiettivi formativi del corso di dottorato, sono previsti i seguenti insegnamenti:

- Laboratorio di Fisica, Chimica e Matematica: docenti di riferimento Matteo Martini, Sabino Meola, Donatella Barisano, Stefano Stendardo, Fabio Happacher, Giovannella Simona, Fabio Rinaldi, Stefano Viaggiu
- Laboratorio di Tecnologie innovative per sistemi energetici sostenibili: docenti di riferimento Fabio Orecchini, Enrico Bocci, Romeo Giuliano, Umberto di Matteo, Stefania Proietti, Alberto Garinei, Arcidiacono Gabriele, De Luca Ernesto William, Garinei Alberto, Citti Paolo
- Laboratorio di Progettazione Urbanistica: docenti di riferimento Cinzia Bellone, Stefania Lirer, Ernesto Grande
- Incontri di Fisica e Fisica Moderna: docenti di riferimento Matteo Martini, Sabino Meola, Donatella Barisano, Stefano Stendardo, Fabio Happacher, Giovannella Simona, Fabio Rinaldi, Stefano Viaggiu Carlo Iazzeolla
- Industry 4.0: docenti di riferimento Proff. Fabio Orecchini, Enrico Bocci, Romeo Giuliano, Umberto di Matteo, Stefania Proietti, Alberto Garinei, Arcidiacono Gabriele, De Luca Ernesto William, Garinei Alberto, Citti Paolo

5.2.1 *Laboratorio di Fisica, Chimica e Matematica*

Scopo di questo laboratorio è quello di insegnare agli studenti a ragionare in modo scientifico interpretando il comportamento di alcuni fenomeni naturali molto semplici. Normalmente, le esperienze che fanno parte di un laboratorio didattico si basano su attività che vengono svolte meccanicamente per verificare una legge, confermare delle ipotesi, ecc. In questo laboratorio noi vogliamo porci delle domande le cui risposte arriveranno solo dopo un attento ragionamento. Domani, quando ci troveremo di fronte ad un problema nuovo, non ci sarà un manuale da seguire pedissequamente ma saremo noi stessi a dover rispondere in prima persona.

Il corso prevede una elaborazione di una esperienza di laboratorio minima di circa 3 ore per 7 giorni. Tale esperienza, da concordare con il docente, può essere svolta dallo studente nella sua abitazione o in enti/imprese disponibili o nel laboratorio Marconi, sede di via Paolo Emilio 29. Le prove e i test dovranno poi essere supportate da un report tecnico da consegnare poi in sede di esame. A queste circa 21 ore si affiancano 10 ore di attività di studio individuale (studio regolamento del laboratorio, materiali didattici e testi) e 10 ore per la stesura dell'elaborato.

Per la verifica finale, lo studente dovrà preparare e consegnare una relazione per ogni esperienza. Tale documentazione verrà poi discussa durante un esame orale. La prova ha una durata media di 30 minuti.

5.2.2 *Laboratorio di Tecnologie innovative per sistemi energetici sostenibili*

Scopo di questo laboratorio è di fornire agli studenti le tecniche di progettazione, utilizzo e analisi delle principali applicazioni industriali, attraverso il diretto contatto con i software e i macchinari. Lo studente svolge esperienze simulative e/o sperimentali in laboratorio in modo da applicare direttamente le nozioni apprese durante i corsi di laurea e verificare le proprie capacità su queste tecniche (simulative/sperimentali) di applicazioni industriali sempre più richieste dal mondo lavorativo. Compatibilmente con la pianificazione delle attività di ricerca, lo studente potrà anche partecipare ad esperienze di laboratorio integrate nei progetti di ricerca a cui l'università partecipa.

Il corso prevede una elaborazione di una esperienza di laboratorio minima di circa 3 ore per 7 giorni. Tale esperienza, da concordare con il docente, può essere svolta dallo studente nella sua abitazione o in enti/impresе disponibili o nel laboratorio Marconi, sede di via Paolo Emilio 29. Le prove e i test dovranno poi essere supportate da un report tecnico da consegnare poi in sede di esame. A queste circa 21 ore si affiancano 10 ore di attività di studio individuale (studio regolamento del laboratorio, materiali didattici e testi) e 10 ore per la stesura dell'elaborato.

Per la verifica finale lo studente dovrà preparare e consegnare una relazione per ogni esperienza. Tale documentazione verrà poi discussa in presenza nella sede di Via Paolo Emilio 29. La prova ha una durata media di 30 minuti.

5.2.3 Laboratorio di Progettazione Urbanistica

Scopo di questo laboratorio è di fornire agli studenti le tecniche di progettazione, utilizzo e analisi dei principali strumenti di progettazione urbanistica. Lo studente svolge esperienze simulative e/o sperimentali in modo da applicare direttamente le nozioni apprese durante i corsi di laurea e verificare le proprie capacità su queste tecniche (simulative/sperimentali). Compatibilmente con la pianificazione delle attività di ricerca,

lo studente potrà anche partecipare ad esperienze di laboratorio integrate nei progetti di ricerca a cui l'università partecipa.

Il corso prevede una elaborazione di una esperienza di laboratorio minima di circa 3 ore per 7 giorni. Tale esperienza, da concordare con il docente, può essere svolta dallo studente nella sua abitazione o in enti/impresе disponibili o nel laboratorio Marconi, sede di via Paolo Emilio 29. Le prove e i test dovranno poi essere supportate da un report tecnico da consegnare poi in sede di esame. A queste circa 21 ore si affiancano 10 ore di attività di studio individuale (studio regolamento del laboratorio, materiali didattici e testi) e 10 ore per la stesura dell'elaborato.

Per la verifica finale lo studente dovrà redigere e consegnare un minimo di 5 elaborati grafici e di una breve relazione (30 pagine). Tale documentazione verrà poi discussa in presenza nella sede di Via Paolo Emilio 29. La prova ha una durata media di 30 minuti.

5.2.4 Incontri di Fisica e Fisica Moderna

Il corso permette di acquisire una maggiore padronanza del settore matematico-fisico. Gli argomenti di studio si articolano in lezioni su:

- pedagogia
- matematica e statistica
- fisica moderna
- cosmologia
- radioprotezione
- didattica del laboratorio
- laboratorio di fisica
- meccanica quantistica
- relatività speciale

5.3 Altre attività didattiche

Coerentemente con gli obiettivi del corso di dottorato, agli insegnamenti presentati saranno affiancate altre attività formative:

- Seminari
- Attività di laboratorio in presenza e da remoto
- Attività presso infrastrutture di ricerca
- Perfezionamento linguistico
- Perfezionamento informatico
- Gestione della ricerca e della conoscenza dei sistemi di ricerca europei e internazionali
- Valorizzazione e disseminazione dei risultati, della proprietà intellettuale e dell'accesso aperto ai dati e ai prodotti della ricerca
- Principi fondamentali di etica, uguaglianza di genere e integrità

5.3.1 Seminari

Agli insegnamenti presentati nell'offerta didattica curriculare si associa un'ampia attività seminariale di carattere sia specialistico sia multidisciplinare, in modo da offrire ai Dottorandi occasioni di approfondimento

nei singoli ambiti disciplinari ma anche di scambio e proficua interazione fra gli stessi. Sono previste pertanto attività formative che affronteranno tematiche inerenti al processo di ricerca o ai quesiti scientifici su cui gli studi si possono sviluppare accorpando approcci di matrice specialistica differente e facendo seguire agli stessi tavole rotonde di esperti che favoriscano un fruttuoso scambio fra le discipline oltre che l'interazione fra docenti e discenti come, ad esempio, la partecipazione ai meeting di progetti internazionali. Le attività seminariali, inoltre, saranno rivolte alla formazione finalizzata all'acquisizione di competenze trasversali, che riguardano la comunicazione scientifica, l'uso delle tecnologie più adatte all'acquisizione dei risultati che sono obiettivo della propria ricerca, le competenze didattiche e le conoscenze riguardanti i sistemi di ricerca nazionali e internazionali come ad esempio quelle sviluppate durante i progetti europei di ricerca (si pensi a lo spazio europeo della ricerca, horizon result buster, etc). Le attività seminariali saranno strutturate in molteplici forme (seminario, workshop, webinar, convegno, ...) e coinvolgeranno la partecipazione dei Docenti afferenti al Collegio del Dottorato, ma anche di altre figure di esperti scientifici (altri Docenti interni all'Ateneo, Docenti afferenti ad altre università italiane o estere, esperti scientifici afferenti a enti di ricerca e imprese italiane e estere).

5.3.2 Attività di laboratorio in presenza e da remoto

Le attività didattiche previste saranno corredate da esperienze pratiche in funzione dell'acquisizione di competenze applicative. Le attività di ricerca potranno fruire di qualificate e specifiche strutture operative e scientifiche, fra le quali laboratori attrezzati per la ricerca come il laboratorio sopra descritto in cui effettuare sperimentazioni sia in presenza sia in remoto (ad esempio per i long term test) su sistemi elettrici, elettronici, informatici, energetici (condensatori, batterie, celle/elettrolizzatori, condizionamento con catalizzatori e/o sorbenti).

5.3.3 Attività presso infrastrutture di ricerca

Le attività di ricerca potranno fruire di qualificate e specifiche strutture operative e scientifiche, fra le quali laboratori attrezzati per la ricerca. Questo avverrà presso le sedi amministrativa e operative dell'Ateneo, ma anche presso enti con cui l'Ateneo e il Dipartimento di afferenza hanno stabilito convenzioni per l'attività di ricerca. Fra queste, è possibile citare in particolare infrastrutture di ricerca nazionali e internazionali come il CNR/INFN, ENEA, CERN, FERMILAB, ecc.

5.3.4 Perfezionamento linguistico

Nell'ambito del corso di Dottorato sarà promosso a più livelli l'incremento della competenza nell'espressione e nella comprensione in lingua inglese, in riferimento sia alla lingua scritta che alla lingua parlata. Sarà offerta ai Dottorandi la possibilità di avere accesso agli insegnamenti di lingua inglese che fanno parte dell'offerta formativa di Ateneo. Sarà inoltre favorito l'uso della lingua inglese parlata e scritta sia nella comunicazione orale che coinvolga interlocutori internazionali sia nella fruizione di articoli scientifici internazionali. Questo avverrà sia nell'ambito dell'offerta didattica sia in quello dell'attività di ricerca. Saranno favoriti inoltre i periodi di studio e ricerca all'estero.

5.3.5 Perfezionamento informatico

Nell'ambito del corso di Dottorato sarà promosso a più livelli l'incremento delle competenze informatiche. Sarà offerta ai Dottorandi la possibilità di avere accesso agli insegnamenti di informatica che fanno parte dell'offerta formativa di Ateneo. Sarà inoltre favorito l'uso degli strumenti informatici nell'ambito delle

attività di ricerca. In particolare, sarà promossa la competenza dei Dottorandi nell'uso delle Banche Dati e dei software funzionali agli specifici percorsi di ricerca. In particolare saranno incrementate le competenze utili allo svolgimento di ricerca della letteratura scientifica nelle Banche Dati; alla gestione e all'analisi dei dati; alla redazione di prodotti di comunicazione scientifica scritta e grafica. Questo avverrà sia nell'ambito dell'offerta didattica sia in quello dell'attività di ricerca per cui comprendendo l'uso di software come ASPEN e SIMAPRO.

5.3.6 Gestione della ricerca e della conoscenza dei sistemi di ricerca europei e internazionali

Nell'ambito del corso di Dottorato verrà rivolta particolare attenzione a formare i Dottorandi nella gestione del processo di ricerca in tutte le fasi in cui si articola. Inoltre, saranno promosse le conoscenze riguardanti i sistemi di ricerca nazionali e internazionali, in funzione dell'attivazione di scambi scientifici e dell'acquisizione della competenza nell'attrazione di fondi finalizzati alla ricerca. A questo fine, i Dottorandi potranno avvalersi del supporto dell'Area Ricerca e Sviluppo di Ateneo. Tale struttura fornisce supporto gestionale, finanziario, amministrativo e, in casi specifici, tecnico-scientifico nella formulazione e implementazione di proposte in risposta a bandi di finanziamento nazionali e internazionali.

5.3.7 Valorizzazione e disseminazione dei risultati, della proprietà intellettuale e dell'accesso aperto ai dati e ai prodotti della ricerca

I Dottorandi saranno supportati nella valorizzazione e nella disseminazione dei risultati raggiunti mediante la ricerca svolta. A questo fine, specifiche attività didattiche saranno rivolte alla formazione nella comunicazione scientifica, sia scritta sia orale, anche in lingua straniera, facendo riferimento in maniera trasversale agli standard propri dei diversi ambiti disciplinari. Sarà inoltre supportata e incoraggiata la comunicazione orale e scritta dei risultati intermedi della ricerca ai pari, al resto della comunità scientifica e alla società, già nel corso del Dottorato. Sarà promosso un accesso aperto ai dati e ai risultati delle ricerche, garantendo la tutela della proprietà intellettuale.

5.3.8 Principi fondamentali di etica, uguaglianza di genere e integrità

Nel Corso di Dottorato sarà rivolta specifica attenzione alla formazione al rispetto dei principi dell'etica e delle norme di condotta imprescindibili per lo studioso. Sia nelle attività didattiche che nelle attività di ricerca si promuoverà la trasmissione di principi fondamentali, quali l'integrità, il rispetto della dignità della persona, la competenza, la responsabilità sociale e la tutela del benessere. A tali temi sarà dedicata una parte dell'attività didattica curricolare e seminariale, fornendo ai Dottorandi i riferimenti alla codificazione etica disponibile e ampliandone l'applicazione in senso trasversale alle discipline. Nella gestione del Dottorato sarà garantito il rispetto di principi quali la parità di genere, la valorizzazione dei giovani e la riduzione dei divari territoriali.

6 Coerenza con gli obiettivi del PNRR

I temi di Ingegneria Industriale e dell'Informazione, Ingegneria Civile e Architettura e Scienze Fisiche e Matematiche trovano riscontro diretto, trasversale e/o indiretto in quasi tutte le politiche strategiche del PNRR. In particolare, trovano riscontro principale nella missione 2 rivoluzione verde e transizione ecologica (coprendo tutte le componenti di tale misura: M2C1: agricoltura sostenibile ed economia circolare; M2C2: energia rinnovabile, idrogeno, rete e mobilità sostenibile; M2C3: efficienza energetica e riqualificazione degli edifici; M2C4: tutela del territorio e della risorsa idrica); ma anche nella missione 1 digitalizzazione, innovazione, competitività, cultura e turismo (principale focus è sulla componente M1C2: digitalizzazione,

innovazione e competitività nel sistema produttivo), nella missione 3 infrastrutture per una mobilità sostenibile (coprendo tutte le componenti di tale misura M3C1: investimenti sulla rete ferroviaria M3C2: intermodalità e logistica integrata), nella missione 4 Istruzione e Ricerca (coprendo tutte le componenti M4C1 ad esempio con lo sviluppo del laboratorio del dottorato anche in remoto e per long term test, si veda progetto europeo RE-OPEN e M4C2 ad esempio con lo sviluppo di brevetti e spin-off). Inoltre, alcuni punti di forte connessione si ritrovano nei temi generali della “Crescita intelligente. Sostenibile ed inclusiva” della “Coesione sociale e Territoriale”, della “Salute e resilienza economica, sociale ed istituzionale”, della “Transazione del verde”. Una particolare attenzione nel dottorato sarà data (in piena coerenza con gli obiettivi del PNRR che dedica al settore numerosi investimenti) al tema della “rigenerazione urbana”, intesa come uno strumento volto a “ridurre situazioni di emarginazione e degrado sociale nonché di migliorare la qualità del decoro urbano oltre che del contesto sociale e ambientale”, ed a quello della definizione di strumenti (come i Piani Urbani Integrati) che possano prevedere “una pianificazione urbanistica partecipata, con l’obiettivo di trasformare territori vulnerabili in città smart e sostenibili, limitando il consumo di suolo edificabile” (cit. PNRR).