

**DOTTORATI DI RICERCA SU TEMATICHE GREEN E DELL'INNOVAZIONE**  
**Allegato 5**

**DOTTORATO DI RICERCA IN INDUSTRIA 4.0 XXXVII CICLO**  
*corso di dottorato interateneo con l'Università degli Studi di Bari Aldo Moro*

**Dipartimento:** Dipartimento di Ingegneria Elettrica e dell'Informazione

**Coordinatore:** prof.ssa Mariagrazia Dotoli ([mariagrazia.dotoli@poliba.it](mailto:mariagrazia.dotoli@poliba.it))

**Posti a concorso**

- Macroarea tematica "Innovazione": n. 3 borse
- Macroarea tematica "Green": n. 1 borsa

*Si precisa che per le due macroaree sono indetti concorsi distinti con graduatorie separate. Pertanto il candidato che voglia concorrere per entrambe le macroaree dovrà conferire due application distinte.*

In allegato alla presente, sono reperibili le schede delle specifiche tematiche di ricerca nell'ambito di ciascuna macroarea.

**Titolo di accesso richiesto**

Per l'accesso al Dottorato di ricerca in Industria 4.0 è richiesto il possesso di un titolo accademico di secondo livello:

- Laurea quinquennale conseguita con ordinamento previgente il D.M. 509/99;
- Laurea Specialistica (ordinamento D.M. 509/99);
- Laurea Magistrale (ordinamento D. M. 270/04);
- Titolo accademico conseguito con ordinamento estero di livello corrispondente

L'idoneità del titolo di studio sarà accertata dalla Commissione esaminatrice in sede di valutazione titoli.

**Istruzioni per la domanda di ammissione:**

Si precisa che quanto previsto nel presente paragrafo **integra e non sostituisce** gli artt. 2 e 3 del bando di concorso.

**DOCUMENTAZIONE OBBLIGATORIA**

**Il candidato, pena l'esclusione dalla procedura concorsuale, deve obbligatoriamente allegare**, in upload, alla domanda online di ammissione la seguente documentazione:

1. **Curriculum vitae et studiorum** secondo il **modello** predisposto dall'Ateneo, disponibile sul sito al percorso: *Ricerca/Dottorati di Ricerca*; denominazione file: "01.CV";
2. **Documento di riconoscimento in corso di validità**, sottoscritto; denominazione file: "02.Documento riconoscimento"; si precisa che saranno accettati, pena l'esclusione i seguenti documenti di riconoscimento:
  - Carta di identità, solo se rilasciata da uno Stato membro dell'Unione Europea;
  - Patente di guida, solo se rilasciata da uno Stato membro dell'Unione Europea;
  - Passaporto, in tutti gli altri casi (compresi i cittadini di Stati non aderenti all'Unione Europea, compreso il Regno Unito)
3. **Titoli di laurea triennale e specialistica/magistrale (o quinquennale)** posseduti, specificando i voti di laurea e l'elenco degli esami sostenuti nei due corsi di studio (o in quello quinquennale) e la relativa votazione, utilizzando il modello predisposto dall'Ateneo disponibile sul sito al percorso: *Ricerca/Dottorati di Ricerca*; denominazione file: "03.Titoli di laurea".

## DOTTORATI DI RICERCA SU TEMATICHE GREEN E DELL'INNOVAZIONE

### Allegato 5

I candidati **con titolo di accesso conseguito con ordinamento estero** devono allegare alla domanda di partecipazione, in luogo delle autodichiarazioni, i seguenti documenti redatti dall'istituzione accademica che li ha emessi:

- Certificato/Diploma di laurea con relativa votazione.
- Transcript ufficiale degli esami sostenuti durante l'intero percorso universitario con relativa votazione;
- Ogni altro documento ritenuto utile ai fini della dichiarazione di idoneità dei titoli con quelli previsti dal presente bando (Diploma Supplement, dichiarazione di valore in loco).

Tale documentazione dovrà essere in italiano o in francese o in inglese, ovvero tradotta in italiano o in inglese e legalizzate dalle competenti rappresentanze diplomatiche o consolari italiane, a cura e sotto la responsabilità del candidato, secondo le "Procedure per l'ingresso, il soggiorno e l'immatricolazione degli studenti richiedenti visto, relative ai corsi della formazione superiore in Italia, presso le istituzioni della formazione superiore valide per l'anno accademico 2021-2022";

4. **Sintesi dell'argomento di tesi di laurea specialistica/magistrale (o quinquennale)**, con indicazione del titolo e del /i relatore/i (max 3.000 caratteri); denominazione file: "*04.Abstract tesi*"
5. **Tesi di laurea specialistica/magistrale (o quinquennale)** ovvero, in caso di candidati laureandi ai sensi dell'art.2, l'elaborato di tesi svolto sino alla data di presentazione della domanda, con indicazione del titolo e del relatore. N.B. Per *elaborato di tesi svolto sino alla data di presentazione della domanda* si intende la dissertazione scritta di tesi eseguita dal candidato laureando sino alla data di presentazione della domanda di ammissione al presente concorso, che, in termini di capitoli o di pagine, consenta un'utile valutazione del relativo contenuto/argomento alla Commissione giudicatrice. In nessun caso la sintesi dell'argomento di tesi (*abstract*) oggetto di apposito upload, sarà considerato *elaborato di tesi svolto sino alla data di presentazione della domanda* denominazione file: "*05.Tesi*"
6. **Proposta di ricerca** redatta utilizzando obbligatoriamente il format predisposto dal Politecnico di Bari, reperibile sul sito [www.poliba.it/it/dottorati-di-ricerca](http://www.poliba.it/it/dottorati-di-ricerca). La proposta dovrà essere redatta tenendo conto di:
  - Criteri di qualificazione della proposta di cui all'art. 3 del D.M. 16061/2021 e all'art. 5 del bando di concorso;
  - Tematiche di ricerca associate al corso di dottorato prescelto e alla macroarea tematica (Green/Innovazione, vedasi schede tematiche allegate).

La proposta di ricerca sarà esaminata esclusivamente ai fini dell'ammissione e non prefigura necessariamente l'attività di ricerca che il dottorando dovrà effettuare durante il suo percorso formativo. Denominazione file: "*05 .Proposta di ricerca*".

### DOCUMENTAZIONE NON OBBLIGATORIA

7. **Dichiarazione sostitutiva degli eventuali altri titoli in possesso ai fini della valutazione**, datata e sottoscritta, secondo il modello predisposto dall'Ateneo disponibile sul sito al percorso: *Ricerca/Dottorati di Ricerca*, resa ai sensi degli artt. 46 (Dichiarazioni sostitutive di certificazioni) e 47 (Dichiarazioni sostitutive dell'atto di notorietà) del D.P.R. 445/2000 (i candidati, ai sensi dell'art. 15 della Legge di Stabilità n. 183/2011 non possono presentare certificati e atti di notorietà rilasciati da pubbliche amministrazioni o da gestori di pubblici servizi relativi ai titoli in possesso ai fini della valutazione. I predetti certificati dovranno essere sostituiti dalle dichiarazioni di cui agli articoli 46 e 47 del D.P.R. 445/2000). Denominazione file: "*07.Dichiarazione altri titoli*"
8. (Al più ma facoltative) **Due lettere di presentazione di docenti** che abbiano seguito il percorso formativo del candidato negli studi universitari. denominazione file: "*08.Lettere presentazione 1*" denominazione file: "*08.Lettere presentazione 2*"
9. **Eventuali certificazioni linguistiche**, idonee all'accertamento della conoscenza della lingua inglese con livello pari almeno al B2; i soli candidati con cittadinanza non italiana potranno allegare in questa

## **DOTTORATI DI RICERCA SU TEMATICHE GREEN E DELL'INNOVAZIONE**

### **Allegato 5**

sezione la certificazione linguistica per l'accertamento della conoscenza della lingua italiana. Denominazione file: "09.Certificazione linguistica 1" etc

10. **Eventuali pubblicazioni** relative all'attività svolta e riportate nel curriculum. Denominazione file: "10. Pubblicazione 1" etc...

Tale documentazione dovrà essere in italiano o in inglese, ovvero tradotta in italiano o in inglese a cura e sotto la responsabilità del candidato.

Nel caso di pubblicazioni voluminose non disponibili in formato elettronico o che eccedano i MB consentiti, il candidato potrà presentarle separatamente, in formato cartaceo o su supporto elettronico (CD o DVD\_ROM) corredate da un elenco, entro le ore 14:00 del giorno di scadenza di presentazione delle domande di ammissione al concorso.

La presentazione delle pubblicazioni in modalità cartacea o su supporto elettronico potrà avvenire con invio di plico, idoneamente chiuso e controfirmato sui lembi di chiusura, a mezzo di servizio postale, corriere privato o agenzia di recapito, al seguente indirizzo: **Magnifico Rettore del Politecnico di Bari - Direzione Gestione Risorse e Servizi Istituzionali- Settore Ricerca, Relazioni Internazionali e Post-Lauream - Ufficio Protocollo - Via Amendola 126/B, 70126 BARI**. Sul plico dovranno essere riportati, il nome e il cognome del candidato e la dicitura: "Concorso di ammissione al Corso di Dottorato in [identificazione del Dottorato]". Il recapito in tempo utile del plico con le pubblicazioni, mediante servizio postale, corriere privato, agenzia di recapito, presso l'Ateneo è ad esclusivo rischio del candidato.

### **Prove di concorso**

L'esame di ammissione consiste in:

1. **Valutazione dei titoli** posseduti (media esami, voto di laurea, tesi di laurea, Master, Corsi di specializzazione, Corsi di perfezionamento, certificati linguistici, pubblicazioni, ecc.);
2. **Colloquio**, volto a garantire un'idonea valutazione comparativa dei candidati e finalizzata alla verifica dell'attitudine alla ricerca, della disponibilità a svolgere esperienza all'estero e degli interessi scientifici del candidato.

La Commissione dispone, per la valutazione dei titoli e per gli esami di ciascun candidato, di un totale di cento punti (40 per i titoli e 60 per il colloquio). Una valutazione titoli con punteggio inferiore a 10 non darà accesso al colloquio.

L'esito della valutazione dei titoli e del progetto sarà reso noto sul portale ESSE3, nell'area personale di ciascun candidato.

Nessuna comunicazione sarà pertanto inviata ai candidati.

Al termine degli esami, la Commissione procede alla valutazione complessiva e compila la graduatoria di merito sulla base dei punteggi ottenuti dai candidati nelle singole prove.

I criteri di valutazione dei titoli saranno stabiliti dalle singole Commissioni.

## BORSA N. 7



UNIONE EUROPEA  
Fondo Sociale Europeo



### Programma Operativo Nazionale 2014-2020 Dottorati di ricerca su tematiche dell'innovazione e green

10/08/2021 D.M. 10 agosto 2021, n. 1061

a.a. 2021/2022 - CICLO 37 –

### TEMATICHE DELL'INNOVAZIONE (AZIONE IV.4)

## BORSA N. 7

#### A. RICERCA PROPOSTA

**a. Pertinenza del progetto di percorso dottorale in relazione alla capacità di creare un alto valore aggiunto, in termini di ricadute scientifiche, sociali ed economiche sul territorio nazionale, favorendo opportuni modelli di ricerca e la formazione di profili professionali in risposta alle esigenze di innovazione e competitività espresse dal sistema imprenditoriale, attraverso la promozione della ricerca sui temi dell'innovazione, del digitale e delle tecnologie abilitanti, sostenendo la valorizzazione del capitale umano, quale fattore determinante per lo sviluppo della ricerca e dell'innovazione in Italia.**

Secondo recenti studi di settore, il mercato della robotica ha registrato un valore di circa 40 miliardi di dollari nel 2019 e le stime prevedono un tasso annuo di crescita (CAGR) di circa 25% su un orizzonte temporale che va dal 2020 al 2025. Tale crescita è sostenuta principalmente alla profonda trasformazione del mercato della robotica che sta vedendo una sempre crescente adozione di prodotti in ambiti diversi da quelli classici industriali come ad esempio la robotica chirurgica, i veicoli di autonomi, i veicoli per il trasporto di merci, gli esoscheletri, i veicoli aerei autonomi. Questa trasformazione porterà inevitabilmente sia ad una maggiore adozione di prodotti robotici in ambito non industriale che ad un notevole abbassamento medio del costo dei prodotti. Allo stesso tempo, le nuove metodologie afferenti al campo dell'Intelligenza Artificiale rendono possibili applicazioni robotiche che fino a pochi anni fa erano difficilmente immaginabili.

Dunque, un'importante sfida che deve cogliere il sistema produttivo italiano è l'introduzione nei prodotti robotici di innovativi paradigmi di controllo basati sull'intelligenza artificiale e più precisamente sulle tecniche di *Deep Reinforcement Learning*. Sebbene lo studio di tali metodologie con applicazioni nell'ambito della robotica stia attirando l'attenzione delle comunità scientifiche delle scienze

## BORSA N. 7

	<p>dell'automatica e dell'intelligenza artificiale e stia producendo una pletera di nuove ed interessanti soluzioni, il loro utilizzo nei prodotti risulta ancora limitato. La scarsa adozione di tali tecniche di controllo è dovuta principalmente alla difficoltà di garantire che gli agenti addestrati siano sufficientemente robusti. Una ulteriore limitazione riguarda le richieste spesso ingenti in termini di capacità computazionale per assolvere task complessi mediante l'utilizzo di algoritmi di Reinforcement Learning. A tale scopo, recentemente la comunità scientifica sta studiando tecniche per permettere il deployment di agenti RL su dispositivi dalle ridotte capacità di calcolo e di memoria come ad esempio microcontrollori low cost e a basso consumo.</p> <p>Ciò premesso, il percorso dottorale proposto si prefissa l'obiettivo di studiare e proporre innovativi algoritmi di Deep Reinforcement Learning in grado di 1) migliorare la robustezza degli stessi e poter quindi essere impiegati anche in applicazioni <i>mission critical</i>, 2) poter essere utilizzati su dispositivi embedded.</p>
<p><b>b. Tema della ricerca, evidenziando la conformità del progetto di percorso dottorale con la SNSI ed il PNR, la coerenza con la L.240/2010 e il DM 45/2013 in materia di dottorati, con la finalità di favorire l'innovazione e l'interscambio tra mondo della ricerca e mondo produttivo e qualificazione dell'apporto dei progetti di ricerca nei settori dell'innovazione (L. 240/2010, art. 24, co. 3 e ss.mm.ii.).</b></p>	<p>La tematica di ricerca proposta si pone all'intersezione degli ambiti di ricerca della Robotica e dell'Intelligenza Artificiale. Più in dettaglio il progetto di percorso dottorale si propone di studiare innovative tecniche di <i>Reinforcement Learning</i> con applicazione principalmente alla robotica che garantiscano che l'agente in fase di addestramento si mantenga costantemente in uno stato considerato "sicuro" (<i>safe</i>). Come specificato più in dettaglio nel seguente <i>punto c</i>, un ulteriore obiettivo è quello di rendere possibile l'utilizzo degli algoritmi di <i>Safe Reinforcement Learning</i> addestrati impiegando dispositivi dalle ridotte capacità computazionali e di memoria.</p> <p>Il PNR individua la robotica come un ambito di ricerca con ricadute in molteplici campi. In particolare, la Sezione 5.4.4 focalizza l'attenzione sull'importanza della Robotica nell'ambito dell'Industria 4.0 (articolazione 2), della salute (articolazione 5) e dell'applicazione della robotica in ambienti ostili (articolazione 1). Le tematiche di ricerca avranno un importante impatto su tutte le sopra citate articolazioni in quanto permetteranno di sviluppare tecniche per migliorare la sicurezza degli</p>

## BORSA N. 7

	<p>agenti per applicazioni <i>mission critical</i>. Inoltre, il progetto avrà ricadute sull'ambito dell'Intelligenza Artificiale (Sezione 5.4.3 del PNR) e più in dettaglio sull'articolazione 6 "Intelligenza Artificiale per la produzione industriale" con riferimento alla priorità di ricerca ivi individuata con riferimento alla cosiddetta <i>Edge-AI</i> che permette di integrare l'intelligenza nella produzione e nei prodotti.</p> <p>La SNSI delinea tra le traiettorie tecnologiche di sviluppo a priorità nazionale quella nell'ambito della linea "5.5.6 Agenda Digitale, Smart Communities, sistemi di mobilità intelligente" quella relativa a "Sistemi elettronici "embedded", reti di sensori intelligenti, internet of things". La ricerca sull'Edge-AI svolta in collaborazione con STMicroelectronics consentirà di ottenere importanti avanzamenti sullo stato dell'arte con riferimento all'incorporamento dell'intelligenza artificiale in dispositivi elettronici e sensori.</p> <p>Le attività di ricerca saranno svolte in collaborazione con STMicroelectronics, azienda leader nel campo dello sviluppo di tecnologie e prodotti per l'Edge-AI. La collaborazione permetterà un proficuo interscambio di conoscenze tra il nostro Politecnico ed il mondo produttivo in un settore fortemente innovativo.</p>
c. Attività di ricerca proposta, metodologie e contenuti	<p>L'attività di ricerca sviluppata dalla dottoranda o dal dottorando si pone di raggiungere principalmente i tre obiettivi di seguito illustrati.</p> <p><i>Obiettivo n.1</i> Realizzare un avanzamento dello stato dell'arte nell'ambito dell'innovativo paradigma di Reinforcement Learning con applicazione alla robotica che nella letteratura recente riferito come Safe Reinforcement Learning (SRL). Tale tecnica, a differenza del RL classico, prevede che la fase di addestramento dell'agente sia eseguita in modo tale da non poter arrecare danno né all'ambiente con il quale l'agente interagisce né all'agente stesso. La letteratura in questo ambito è ancora piuttosto limitata e i primi contributi scientifici nell'ambito del dominio dell'automatica risalgono soltanto al 2018. Se da un lato, gli algoritmi di RL risolvono il problema del decision-making non deterministico sequenziale nel framework dei cosiddetti Markov Decision Problems</p>

## BORSA N. 7

	<p>(MDP), gli algoritmi di Safe-RL possono essere invece approcciati nel contesto dei Constrained Markov Decision Problems (CMDP) che sostanzialmente sono degli MDP ai quali vengono aggiunti dei vincoli al fine di incorporare il concetto di safety nel processo di RL. L'addottorando/a identificherà, anche in accordo con l'azienda individuata, alcuni casi di studio reali sui quali validare gli algoritmi di controllo sviluppati. In questa fase gli algoritmi saranno validati mediante simulazione impiegando strumenti quali ad esempio OpenAI gym o MuJoCo.</p> <p><i>Obiettivo n.2</i> In questo ambito la ricerca proposta si pone di studiare sistemi per l'Edge-AI che consentiranno l'incorporazione degli algoritmi di Safe-RL studiati in dispositivi elettronici caratterizzati da scarse capacità computazionali e di memoria. A tale scopo, si studieranno tecniche per la compressione delle reti neurali e su tecniche di partizionamento delle stesse al fine di poter essere distribuite su un certo numero di dispositivi. I risultati saranno confrontati con benchmark e metriche definite dalla TinyML foundation.</p> <p><i>Obiettivo n.3</i> Il terzo obiettivo è l'implementazione degli algoritmi di SRL su dispositivi embedded quali ad esempio microcontrollori in un'applicazione di robotica di interesse dell'impresa coinvolta. Il dottorando/a dovrà dunque applicare le tecniche di compressione e di partizionamento delle reti neurali ottenute in precedenza per effettuare il deployment di un agente SRL sul robot. Il sistema robotico realizzato sarà impiegato per valutare sperimentalmente il raggiungimento sia dell'obiettivo n.1 che dell'obiettivo n.2 in scenari reali.</p>
<b>B. ATTIVITA' DA SVOLGERE PRESSO L'IMPRESA con sede nell'intero territorio nazionale</b>	
a. Attività di ricerca da svolgere presso l'impresa	<p>L'impresa è impegnata, oltre che allo sviluppo di innovativi microcontrollori e dispositivi elettronici, nella ricerca e sviluppo di prodotti embedded che incorporano tecnologie di Intelligenza Artificiale.</p> <p>Il/la dottorando/a, nell'ambito del programma di ricerca brevemente delineato sopra, svolgerà tutte le attività di ricerca che ricadono nell'obiettivo n.2 e</p>

## BORSA N. 7

	<p>parte delle attività dell'obiettivo n.3. L'expertise dell'impresa nell'ambito dell'Edge-AI è testimoniato dalle molteplici pubblicazioni in riviste e conferenze internazionali del settore.</p>
b. Durata di permanenza in impresa del dottorando	12 mesi
<b>c. Misurabilità dei risultati attesi e impatto potenziale dell'intervento con riferimento alle finalità del REACT EU: presenza nell'ambito del progetto di percorso dottorale di target quantificabili e misurabili coerenti con gli indicatori previsti dall'azione di riferimento del PON</b>	<p>Il progetto di percorso dottorale proposto si pone l'obiettivo di sviluppare tecnologie abilitanti nel campo della robotica e dell'intelligenza artificiale avendo dunque un impatto potenziale dirompente in tutti i settori produttivi interessati dalle tecnologie robotiche. I risultati del progetto impatteranno dunque uno degli obiettivi principali di REACT EU che è il <i>supporto alla transizione digitale della nostra nazione</i>. La ricerca si svolgerà in collaborazione uno dei principali produttori di dispositivi elettronici sul mercato globale. La proposta progettuale è perfettamente in linea con le tematiche di ricerca e sviluppo dell'impresa con riferimento ai settori dell'Industria 4.0 e della Robotica Industriale. Ciò permetterà un proficuo scambio di conoscenze e la realizzazione di una sinergia virtuosa e duratura tra il nostro Politecnico ed una impresa leader nel settore produttivo quale STMicroelectronics raggiungendo uno degli obiettivi citati nel PNNR ("<i>M4C2 - dalla Ricerca all'Impresa</i>").</p> <p>Il programma di ricerca sarà in grado di formare un giovane ricercatore specializzato in un settore tecnologico ad alto impatto con conoscenze trasversali nell'ambito della robotica, dell'intelligenza artificiale e dei sistemi embedded.</p> <p>I risultati ottenuti dal dottorando saranno quantificati valutando le prestazioni degli algoritmi proposti mediante benchmark allo stato dell'arte nell'ambito della robotica e della compressione delle reti neurali. L'applicabilità dei risultati in scenari reali sarà verificata grazie alla collaborazione con l'impresa.</p> <p>Il dottorando dovrà produrre almeno un articolo accettato a rivista internazionale e presenterà le attività di ricerca svolte ad almeno tre conferenze internazionali. Il dottorando disseminerà i risultati delle ricerche tramite seminari specialistici da erogare nei corsi magistrali di "Mobile and Field Robotics", "Embedded Control" erogati alla Laurea</p>

## BORSA N. 7

	<p>Magistrale in Automation Engineering. Inoltre il dottorando impiegherà social media quali LinkedIn e Twitter per diffondere i risultati delle ricerche ad un pubblico non specialista.</p> <p>Grazie alla collaborazione con STMicroelectronics il dottorando potrà sviluppare un dimostratore delle soluzioni proposte ad un TRL pari almeno a 4.</p>
<b>C. ATTIVITA' ALL'ESTERO</b>	
a. Attività di ricerca da svolgere all'estero	Not programmed.
b. Denominazione e sede del soggetto ospitante all'estero (università, ente di ricerca pubblico o privato, impresa)	Not applicable.

## BORSA N. 8



UNIONE EUROPEA  
Fondo Sociale Europeo



### Programma Operativo Nazionale 2014-2020 Dottorati di ricerca su tematiche dell'innovazione e green

10/08/2021 D.M. 10 agosto 2021, n. 1061

a.a. 2021/2022 - CICLO 37 –

TEMATICHE GREEN (AZIONE IV.5)

## BORSA N. 8

### A. RICERCA PROPOSTA

a. **Pertinenza del progetto di percorso dottorale in relazione alla capacità di creare un alto valore aggiunto, attraverso la valorizzazione del capitale umano, in termini di ricadute scientifiche, sociali ed economiche sul territorio nazionale, favorendo opportuni modelli di ricerca e di contaminazione di conoscenze e competenze in grado di favorire lo sviluppo di prodotti e servizi innovativi ad impatto ridotto sull'ambiente, focalizzati su temi orientati alla conservazione dell'ecosistema, alla biodiversità, nonché alla riduzione degli impatti del cambiamento climatico e alla promozione di uno sviluppo sostenibile, quale contributo per promuovere la ripresa verde e il superamento degli effetti della crisi nel contesto della pandemia di COVID-19.**

Il progetto denominato: **“Dispositivi fotovoltaici innovativi e sostenibili basati su compositi perovskite/nanocristalli colloidali integrati in polimeri bio-based”** intende progettare, sviluppare e realizzare dispositivi fotovoltaici basati su compositi di perovskiti ibride alogenuro (HP) e nanocristalli colloidali (NC), quali innovativi materiali fotoattivi, combinati opportunamente e integrati in matrici costituite da biopolimeri (poliidrossosalcanoati – PHA), 100% biodegradabili e bioderivati. Questo progetto di ricerca **coniuga intrinsecamente lo sviluppo di soluzioni tecnologiche innovative al bisogno di energia con i paradigmi di sostenibilità e salvaguardia ambientale.**

Infatti il progetto intende fornire **soluzioni tecnologicamente avanzate per la produzione di energia green, essendo indirizzato alla realizzazione di dispositivi fotovoltaici ad alte prestazioni in grado di sfruttare in maniera efficiente la luce solare e opportunamente progettati per permettere la sostenibilità e la ecocompatibilità, sia in termini di materiali che di tecnologie di processo, utilizzando materiali completamente bioderivati.**

Il futuro impiego dei dispositivi fotovoltaici potenzialmente flessibili che utilizzino materiali ecocompatibili favorisce l'integrazione delle celle solari in tecnologie portatili e *wearable*.

## BORSA N. 8

Il coinvolgimento di un'azienda pugliese garantirà l'esposizione del dottorando ad una realtà chesi ispira ai **principi della *blue economy*, del ciclo chiuso, dello zero waste per l'ottenimento di prodotti intelligenti e sostenibili.**

Il percorso di dottorato prevedrà, inoltre, specifiche iniziative (partecipazione a corsi, seminari, scuole) per l'approfondimento delle conoscenze dei principi della *blue economy* e per dotare il dottorando di idonei strumenti per la **valutazione dell'impatto ambientale della ricerca condotta** e dei suoi risultati (principi e basi di *Life Cycle Assessment* - LCA), anche attraverso l'utilizzo di modelli avanzati in grado di descrivere anche in termini economici la sostenibilità delle tecnologie implementate nel progetto. **La ricerca proposta risponde in maniera forte alla necessità di un implementazione della ripresa verde per il superamento degli effetti della crisi pandemica COVID-19**, mirando ad sviluppare nello studente specifiche competenze nell'ambito della progettazione e realizzazione di materiali, anche nanostrutturati, per applicazioni nel campo della conversione dell'energia con approcci innovativi e *green*.

Il presente progetto preparerà il dottorando affinché possa diventare, al termine del percorso formativo, un ricercatore e professionista di elevata qualificazione, con elevate possibilità di occupazione in numerose filiere di ricerca e produttive. Saranno infatti acquisite competenze varie e complementari, nel campo della chimica dei materiali, dell'indagine chimico fisica, dello sviluppo di prodotti *biobased*, dell'ingegneria dei materiali e dei dispositivi, risultando in un curriculum realmente interdisciplinare, significativamente completato dall'esperienza in azienda.

La solida formazione nell'ambito della progettazione, realizzazione e caratterizzazione di materiali avanzati, anche nanostrutturati, e biopolimeri con proprietà e funzioni specificatamente definite insieme alla focalizzazione su definiti *target* scientifici e tecnologici di punta, quale quello della realizzazione di dispositivi fotovoltaici, rappresenterà una solida e qualificante base di esperienza per affacciarsi al mondo del lavoro adeguatamente attrezzato sia dal punto di vista

## BORSA N. 8

	del <i>know-how</i> scientifico, che di visione sostenibile di sviluppo tecnologico e industriale.
<p>b. Tema della ricerca, evidenziando la conformità del progetto di percorso dottorale con la SNSI ed il PNR, la coerenza con la L.240/2010 e il DM 45/2013 in materia di dottorati, attraverso il finanziamento di dottorati in ambito Green.</p>	<p>La ricerca proposta punta allo <b>sviluppo di dispositivi avanzati per la conversione dell'energia solare, utilizzando un approccio ecologico, ecocompatibile e sostenibile, che coniuga una tecnologia fotovoltaica green con l'utilizzo di prodotti <i>biobased</i></b>. Inoltre lo sviluppo dei dispositivi su substrato polimerico, potenzialmente flessibile, è in linea con l'obiettivo di sviluppo di celle solari <i>wearable</i> e integrabili in tecnologie portatili.</p> <p>Le celle solari <i>metal halide perovskite</i> (HPSC) rappresentano una tecnologia estremamente valida e promettente per la produzione di energie rinnovabili, in considerazione della loro elevata efficienza di fotoconversione, il basso costo e il basso impatto dei metodi di fabbricazioni.</p> <p>Per la realizzazione dei dispositivi sarà necessario progettare e sviluppare materiali HP con composizione opportuna per garantire elevate <i>performance</i> nei processi di assorbimento di luce solare, oltre a NC di TiO<sub>2</sub>, NiO e SnO<sub>2</sub> quali costituenti di <i>electron</i> e <i>hole transporting layer</i> (ETL e HTL) e NCs di perovskiti inorganiche (CsSnI<sub>3</sub>, CsAgBiI<sub>3</sub>) per la funzionalizzazione dei film di HP, per ottimizzare il trasporto di carica all'interfaccia.</p> <p>Si valuterà inoltre <b>l'ecocompatibilità e la sostenibilità dei processi di produzione dei materiali e la fabbricazione dei dispositivi</b>, che dovranno competere con l'attuale stato dell'arte della tecnologia fotovoltaica, in termini di efficienza energetica, robustezza e durabilità.</p> <p>La combinazione di tali materiali funzionali con biopolimeri ottenuti con tecnologie di recupero e riciclo, permetterà di esplorare <b>soluzioni originali e tecnologicamente avanzate in grado di rispondere in modo sostenibile ed efficiente alla necessità di riduzione del <i>carbon footprint</i></b>.</p> <p>Il progetto coinvolgerà un'azienda nella realizzazione di soluzioni avanzate per la produzione e l'utilizzo di bioplastiche.</p> <p>La ricerca proposta si inquadra nell'ambito delle tematiche SNSI <b>Industria intelligente e sostenibile, energia e ambiente</b>, che ha tra le sue traiettorie di sviluppo: <b>Materiali innovativi ed ecocompatibili, Tecnologie per biomateriali e prodotti <i>biobased</i> e Bioraffinerie e Processi produttivi innovativi</b></p>

## BORSA N. 8

	<p><b>ad alta efficienza e per la sostenibilità industriale</b>, che rappresentano tematiche centrali nello sviluppo della proposta.</p> <p><b>Gli ambiti disciplinari della proposta sono assolutamente coerenti con le competenze dei componenti del Collegio dei docenti del corso di dottorato, che spaziano nei diversi settori fondamentali allo sviluppo dell'industria 4.0</b> In particolare, nel Collegio dei docenti sono presenti specifiche competenze nell'ambito della progettazione e realizzazione di materiali, anche nanostrutturati, per applicazioni nel campo della conversione dell'energia con approcci innovativi e <i>green</i>.</p>
c. Attività di ricerca proposta, metodologie e contenuti	<p>La ricerca si propone lo <b>sviluppo di materiali e processi ecosostenibili ed economici per la realizzazione di dispositivi fotovoltaici di nuova generazione basati su film policristallini di HP e NC inorganici depositati su substrati trasparenti di biopolimero</b>. Obiettivo è l'ottimizzazione delle prestazioni del dispositivo attraverso il <i>design</i> dei materiali (composizione chimica e loro combinazione) e lo sviluppo di metodologie di deposizione/ funzionalizzazione, che garantiscano migliori efficienze di <i>light-harvesting</i> e trasporto di carica all'interfaccia.</p> <p><b>Obiettivi principali</b> dell'attività di ricerca proposta sono: <b>i) l'applicazione di procedure innovative per la sintesi di NC di perovskiti</b> (<math>\text{CsSnI}_3</math>, <math>\text{CsAgBiI}_3</math>) <b>da integrare nei film di HP e di ossidi di NC</b> (<math>\text{TiO}_2</math>, <math>\text{NiO}</math>, <math>\text{SnO}_2</math>) da impiegare quali ETL e HTL, <b>ii) lo studio di procedure di preparazione di strati <i>light harvesting</i> basati su film policristallini di HP o loro compositi, iii) sviluppo di procedure per la realizzazione di film sottili di PHA (e/o miscele e compositi) dalle ottime proprietà meccaniche e ottiche</b> (presso l'azienda EggPlant s.r.l.), <b>iv) sviluppo delle tecniche di deposizione/funzionalizzazione per rendere il biopolimero conduttivo</b> che, insieme alle altre strategie di ingegnerizzazione, consentano di incrementare le performances del dispositivo.</p> <p>Le metodologie saranno, relativamente all'obiettivo <b>i) tecniche di sintesi colloidali potenzialmente scalabili a basso costo di ossidi semiconduttori nanocristallini</b> (<math>\text{TiO}_2</math>, <math>\text{NiO}</math> e <math>\text{SnO}_2</math>) a partire da reagenti poco pericolosi,</p>

## BORSA N. 8

impiegando moderate temperature, risultando in soluzioni colloidali manipolabili verso la realizzazione di film sottili. Relativamente all'obiettivo **ii) metodologie di deposizione**, opportunamente sviluppate, a partire da soluzione **di film policristallini di HP**. In una prima fase del progetto si utilizzeranno HPs a base di piombo ( $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$  e con cationi/anioni misti) la cui composizione chimica sarà variata al fine di modularne le proprietà ottiche per garantire *performances* e stabilità elevate, per poi ridurre e gradatamente sostituire il piombo con alternative ecosostenibili (Sn, Bi).

**Al fine di limitare ulteriormente la presenza di costituenti tossici, verranno esplorate diverse miscele di solventi atossici e l'utilizzo di additivi coadiuvanti per la crescita delle HP. Le proprietà dei film policristallini di HP saranno migliorate con l'aggiunta** nel film o deposizione all'interfaccia con gli altri strati attivi, di **NC di perovskiti inorganiche** di sintesi. Con questa combinazione si potrà ottenere una maggiore stabilità dei costituenti del dispositivo grazie alla passivazione dei difetti elettronici e un migliore funzionamento degli stessi indotta dal controllo dei processi di generazione e trasporto delle cariche.

Per realizzare l'obiettivo **iii)** saranno implementate **modifiche al processo di biosintesi messo a punto da un'azienda al fine di migliorarne processabilità e trasparenza**. Il raggiungimento di tale *goal* si avvarrà anche della messa a punto di condizioni di deposizione (solvente, temperatura, spessore del film). Relativamente all'obiettivo **iv)** saranno, elaborate **strategie di ingegnerizzazione di strati metallici, semimetallici o semiconduttivi sul substrato polimerico (i.e. grafene;  $\text{MoS}_2$ )** per rendere questo supporto conduttivo, processi di deposizione dei NC e compositi NC/perovskite ibrida alogenuro, verificando l'applicabilità di procedure di deposizione industriale su larga scala, come la *roll-to-roll deposition* adottata da gran parte delle industrie di *packaging* e per le quali risulta limitato l'utilizzo di solventi ad alto impatto ambiente.

B. ATTIVITA' DA SVOLGERE PRESSO L'IMPRESA con sede nell'intero territorio nazionale

## BORSA N. 8

<p>a. Attività di ricerca da svolgere presso l'impresa</p>	<p><b>Nell'ambito del progetto, presso l'azienda, il dottorando si occuperà della preparazione del polimero biobased, appartenente alla classe dei PHA, poliesteri bioderivati ottenuti per via fermentativa.</b></p> <p>Polimeri termoplastici, biodegradabile e biocompatibili, i PHA, tra le tante caratteristiche presentano anche l'insolubilità in acqua e la resistenza alla degradazione.</p> <p>Tuttavia, i PHA presentano una bassa plasticità, scarsa flessibilità e limitata trasparenza ottica, che sono invece caratteristiche essenziali per renderlo idoneo all'utilizzo per applicazioni optoelettroniche, e nell'ambito del progetto, all'integrazione nel dispositivo fotovoltaico.</p> <p>A tale scopo si procederà secondo due approcci: i. cercando di implementare le caratteristiche ed i parametri di processo di produzione del biopolimero al fine di ottenerlo con le caratteristiche richieste per la specifica classe di applicazioni; ii. applicando strategie alternative quali l'aggiunta di plasticizzanti e la copolimerizzazione con opportuni polimeri o l'utilizzo di solventi che rendano il materiale processabile e idoneo alle applicazioni sopramenzionate.</p> <p>In questa prospettiva, verrà effettuata una caratterizzazione completa delle proprietà ottiche, meccaniche e reologiche del polimero e si studierà sistematicamente l'effetto dell'aggiunta di additivi, copolimeri e solventi, opportunamente selezionati in considerazione delle loro caratteristiche di sicurezza per l'uomo e l'ambiente, sulla plasticità, trasparenza ottica e filmabilità del prodotto ottenuto.</p> <p><b>I risultati dell'attività condotta in azienda saranno essenziali per la realizzazione del supporto polimerico, che sarà poi ulteriormente ingegnerizzato durante il periodo di ricerca all'estero.</b></p>
<p>c. Durata di permanenza in impresa del dottorando</p>	<p>6 mesi</p>
<p><b>d. Misurabilità dei risultati attesi e impatto potenziale dell'intervento con riferimento alle finalità del REACTEU: presenza nell'ambito del progetto di percorso dottorale di target quantificabili e</b></p>	<p>Il monitoraggio dei progressi del dottorando, coerente con il regolamento del corso di dottorato, si avvarrà di un programma regolare di incontri stabiliti nel gruppo, che prevede: un rapporto settimanale sullo stato di avanzamento, una panoramica mensile dell'avanzamento del progetto con i colleghi del gruppo di ricerca e un confronto diretta mensile con i supervisor. Tale</p>

## BORSA N. 8

**misurabili coerenti con gli indicatori previsti dall'azione di riferimento del PON**

schema garantisce un contatto costante tra il dottorando, il *team* e i supervisor per condividere le difficoltà del progetto, consentendo così una discussione fruttuosa per superare le criticità nel perseguire gli obiettivi del progetto.

I supervisor seguiranno lo svolgimento delle attività anche nei periodi di permanenza presso l'azienda ed il gruppo estero, affiancando il tutor aziendale ed il tutor presso il gruppo di ricerca estero, e valuteranno congiuntamente i progressi fatti ed i traguardi raggiunti, per integrare i percorsi formativi e valorizzare le competenze maturate in ambito aziendale e accademico.

In relazione all'attività condotta presso l'azienda sono attesi risultati relativamente alla modifica delle sue caratteristiche di plasticità, flessibilità, trasparenza ottica e filmabilità del PHA.

Tali **risultati** saranno **essenziali non solo per il conseguimento degli obiettivi specifici del progetto ma anche per la loro notevole importanza a supporto del potenziale tecnologico dei polimeri *biobased* in campo optoelettronico.**

La validazione della percorribilità di strade originali, quali la messa a punto di protocolli di modifica del polimero per il controllo delle sue proprietà ottiche, o addirittura di modifica del processo di produzione del polimero permetterà al dottorando di **acquisire, attraverso un efficace processo di *training through research*, conoscenze interdisciplinari e intersettoriali nel campo della produzione e modifica dei polimeri *biobased*, e della caratterizzazione ottica, reologica e meccanica di tali materiali.**

*Know-how*, questo, di grande valore per il dottorando, che potrà essere utilmente speso in diversi ambiti, dalla ricerca, pubblica e privata, ai settori produttivi specifici nel campo della *green chemistry*.

L'esperienza di permanenza presso l'azienda rappresenterà inoltre una **opportunità unica di esposizione privilegiata e di sperimentazione sul campo, in una realtà che nella sua visione aziendale si ispira ai principi della *blue economy*, del ciclo chiuso e dello *zero waste* per l'ottenimento di prodotti intelligenti e sostenibili.**

Le finalità della proposta progettuale sono in linea con quanto definito dal pacchetto REACT-EU che si propone di supportare iniziative nel

## BORSA N. 8

	<p>contesto dell'<i>European Green Deal</i>, sia nella prospettiva di sviluppare conoscenze e tecnologie in grado di rispondere in maniera efficace alle esigenze di energie rinnovabili, con un impatto reale sui risvolti ambientali che l'utilizzo di tali tecnologie è destinato ad avere, sia nella prospettiva che la messa a punto di nuove tecnologie si possa tradurre nel loro <i>up-scale</i> industriale, con un potenziale impatto in termini economici e di posti di lavoro, sia di personale specializzato che non.</p>
<b>C. ATTIVITA' ALL'ESTERO</b>	
a. Attività di ricerca da svolgere all'estero	<p>Il periodo di ricerca all'estero verrà svolto presso una realtà aziendale con una <b>solida esperienza nello sviluppo di dispositivi basati su film sottili e materiali 2D. L'attività di ricerca del progetto sarà rivolta alla creazione di circuiti conduttivi sul film di biopolimero in grado di tollerarne la flessibilità. Il target verrà realizzato tramite diverse strategie di deposizione di materiali conduttivi e di funzionalizzazione del biopolimero.</b> Il dottorando realizzerà superfici elettricamente conduttive mediante deposizione di strati metallici, semimetallici o semiconduttivi sul substrato polimerico con metodi di trasferimento <i>layer-by-layer</i>, tecniche di evaporazione ultra alto vuoto (UHV) o crescita diretta su superficie del materiale richiesto. In particolare, il dottorando sarà formato nel trasferimento orientato di materiali 2D (come grafene e MoS<sub>2</sub>), tecniche di evaporazione termica, <i>plasma sputtering</i> e sintesi chimica di materiali (semi) conduttori su substrati pre-funzionalizzati. Il dottorando avrà l'accesso diretto (previa adeguata formazione) a tutta l'attrezzatura che potrebbe rivelarsi utile per lo svolgimento del progetto. In particolare il laboratorio ceco è dotato di <i>spin-resolved</i> ARPES, XPS (UPS), una moltitudine di tecniche SPM, spettroscopia Raman operante a 11 lunghezze d'onda, spettroscopia di fotoluminescenza da UV profondo a medio IR, ellissometria spettroscopica, configurazione spettroeletrichimica disponibile per qualsiasi strumentazione spettroscopica, camera bianca di classe 1, tecniche fotolitografiche, laboratorio di caratterizzazione elettrica che lavora fino ai regimi fA e nV, tecniche di deposizione</p>

## BORSA N. 8

	<p><i>magnetron</i> o evaporazione, laboratori di sintesi completamente attrezzati. L'assistenza di personale tecnico viene garantita in ogni caso. Il complesso delle <i>facility</i> strumentali, insieme agli operatori altamente qualificati, rappresenta una opportunità eccezionale di acquisizione di <i>know how</i> tecnologico, oltre che scientifico per il dottorando. Il dottorando verrà coinvolto attivamente nella vita di laboratorio, sperimentando, insieme agli aspetti di ricerca anche quelli di gestione delle attività progettuali, che contribuiranno così a completare efficacemente la sua formazione.</p>
--	---

## BORSA N. 9



UNIONE EUROPEA  
Fondo Sociale Europeo



### Programma Operativo Nazionale 2014-2020 Dottorati di ricerca su tematiche dell'innovazione e green

10/08/2021 D.M. 10 agosto 2021, n. 1061

a.a. 2021/2022 - CICLO 37 –

#### TEMATICHE DELL'INNOVAZIONE (AZIONE IV.4)

## BORSA N. 9

### A. RICERCA PROPOSTA: LA FLESSIBILITA' ENERGETICA DEGLI EDIFICI TRAMITE L'ACCUMULO E IL CONTROLLO DI ENERGIA TERMICA LATENTE

**a. Pertinenza del progetto di percorso dottorale in relazione alla capacità di creare un alto valore aggiunto, in termini di ricadute scientifiche, sociali ed economiche sul territorio nazionale, favorendo opportuni modelli di ricerca e la formazione di profili professionali in risposta alle esigenze di innovazione e competitività espresse dal sistema imprenditoriale, attraverso la promozione della ricerca sui temi dell'innovazione, del digitale e delle tecnologie abilitanti, sostenendo la valorizzazione del capitale umano, quale fattore determinante per lo sviluppo della**

Il settore delle climatizzazione degli edifici è da tempo impegnato nella ricerca di tecnologie capaci di garantire una maggiore efficienza energetica e una maggiore flessibilità energetica. L'elettrificazione diretta e la cogenerazione termico-elettrica sono tra gli approcci più perseguiti per perseguire una significativa riduzione dell'impatto ambientale delle richieste energetiche degli edifici. Tuttavia, le stagionalità della domanda di calore, la sempre maggiore richiesta di carichi refrigeranti, la variabilità e limitata capacità della fornitura di energia elettrica rinnovabile, spesso dovuta a reti elettriche limitate e vincolanti rappresentano limiti significativi che hanno rallentato la sostituzione di tradizionali impianti a combustione (di gas metano nella maggior parte degli edifici). In questo quadro, vi è una crescente attenzione per l'elettrificazione degli edifici in accoppiamento all'utilizzo di accumulo energetico o per l'accoppiamento di energia solare con accumuli termici al fine di ridurre la richiesta energetica di un edificio. Cio' è evidente nel cluster 5 "Climate, Energy and Mobility" del programma "Horizon Europee" dedicato allo sviluppo di soluzioni per la produzione, l'utilizzo e l'accumulo sostenibile di energia.

Con la domanda elettrica degli edifici che diventa sempre più dinamica e una percentuale crescente di generazione intermittente di energia rinnovabile da solare fotovoltaico, spesso adottata in modo massiccio nel contesto urbano, la rete energetiche devono affrontare sfide crescenti per gestire l'equilibrio in tempo reale tra domanda e offerta. In questo scenario una risposta smart alle richieste energetiche che sappia promuovere l'accumulo energetico termico anche al fine di promuovere la flessibilità della richiesta energetica, sta ricevendo una crescente attenzione. Il presente progetto si concentra su diverse modalità di accumulo termico latente tramite batterie termiche con

## BORSA N. 9

<p><b>ricerca e dell'innovazione in Italia.</b></p>	<p>materiali a cambiamento di fase il cui funzionamento sarà implementato attraverso l'utilizzo di sistemi IoT ed il collegamento in rete dei diversi sistemi di produzione e utilizzo dell'energia. Infatti, le tecnologie di accumulo di energia promettono una più flessibile gestione della domanda energetica, nella consapevolezza che gli edifici energeticamente flessibili sono essenziali per una rete elettrica affidabile e resiliente e per questo la gestione deve introdurre tecnologie "smart". Infatti, gli edifici possono aiutare la rete a migliorare la stabilità ottimizzando i carichi flessibili e promuovendo accumuli termici che non considerino batterie elettriche. La presente proposta di ricerca svilupperà sistemi con materiali a cambiamento di fase, sia microincapsulati che macroincapsulati, prodotti da scarti animali e vegetali, al fine di aumentare la sostenibilità delle materie prime adottate e promuovendo la circolarità delle materie tra settori diversi. Il progetto includerà anche una forte formulazione matematica per quantificare la flessibilità energetica, e pertanto saranno necessarie capacità sia di codifica che di simulazione. Si prevede che questo progetto svelerà opportunità di ricerca per stabilire una definizione comune e metriche prestazionali per la flessibilità energetica degli edifici con batterie termiche e quindi sviluppare sistemi di flessibilità energetica tramite accoppiamento di macchine per la climatizzazione con accumuli termici latenti. L'obiettivo finale è lo sviluppo di catene di valore per la produzione e utilizzo di accumuli termici latenti sia di microscala (fino a 50 kW) che di media scala (fino a 500 kW) in ambiente urbano.</p>
<p><b>b. Tema della ricerca, evidenziando la conformità del progetto di percorso dottorale con la SNSI ed il PNR, la coerenza con la L.240/2010 e il DM 45/2013 in materia di dottorati, con la finalità di favorire l'innovazione e l'interscambio tra mondo della ricerca e mondo produttivo e qualificazione dell'apporto dei progetti di ricerca nei settori dell'innovazione (L. 240/2010, art. 24, co. 3 e ss.mm.ii.).</b></p>	<p>La sfida della transizione ecologica richiede il concorso di competenze transdisciplinari al fine di affrontare le diverse problematiche di una transizione complessiva in maniera esaustiva. In questo caso, la gestione dell'energia in ambito urbano richiede sempre più la comprensione delle implicazioni della crescente penetrazione della produzione di energia rinnovabile e dello sfruttamento dell'energia solare che inevitabilmente deve associarsi a sistemi di accumulo energetico capaci di funzionare con algoritmi automatizzati per ottimizzarne il controllo. Tali sistemi di accumulo sempre più vedono nelle forme latenti una soluzione privilegiata per ridurre i volumi e aumentare la densità di carica energetica. La presente proposta di ricerca mira a studiare la possibilità di promuovere accumuli termici latenti in accoppiamento a sistemi di climatizzazione tradizionale che potrebbero sfruttare la variabilità delle fonti energetiche rinnovabili o del sottoutilizzo di reti elettriche intelligenti in diverse periodi (prediligendo quindi il funzionamento in periodi off-peak). La presente proposta di ricerca consente il raggiungimento di alcuni degli obiettivi del Green Deal europeo relativamente alla sfida di rendere sostenibile l'economia trasformando le problematiche climatiche e le sfide ambientali in opportunità. Attraverso simulazioni dinamiche delle tipologie di impianti termici più comuni saranno valutate le dimensioni ottimali di accumuli termici latenti, di diversa geometria e funzionamento. Il progetto verrà svolto anche collaborando con</p>

## BORSA N. 9

	<p>un'azienda primaria nazionale presente sul territorio regionale impegnata nello sviluppo di innovativi sistemi per la climatizzazione. La proposta di ricerca risulta coerente con la Strategia Nazionale di Specializzazione Intelligente approvata dalla Commissione Europea. Nello specifico, il progetto proposto rientra nell'ambito dell'area tematica nazionale "Industria intelligente e sostenibile, energia e ambiente" che prevede traiettorie di sviluppo basate su processi produttivi combinati con la sostenibilità ambientale e l'innovazione tecnologica. Inoltre, la ricerca proposta risulta conforme a quanto delineato nell'ambito "Clima, Energia, Mobilità sostenibile" del PNR, e specificatamente le aree d'intervento "Cambiamento climatico, mitigazione e adattamento" ed "Energia ambientale".</p>
<p>c. Attività di ricerca proposta, metodologie e contenuti</p>	<p>L'attività di ricerca, nei tre anni, estende le ricerche portate avanti recentemente dal docente proponente e verterà sui seguenti aspetti:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Valutazioni energetiche anche tramite modellazioni numeriche dinamiche di sistemi di accumulo termico di piccola taglia con materiali a cambiamenti di fase organici. Saranno sviluppate e confrontate strategie di controllo della richiesta energetica per promuovere la flessibilità energetica attraverso metodologie di controllo della richiesta energetica (ossia demand-side management, DSM), inclusi controlli ottimali;</li> <li>• Campagne di valutazioni sperimentali in laboratorio su storage tanks con PCM di origine animale e vegetale, dei quali si implementeranno algoritmi "smart", caratteristici di industria 4.0, attraverso l'utilizzo di sistemi IoT ed il collegamento in rete dei diversi sistemi di produzione e utilizzo dell'energia.</li> </ul>
<p><b>B. ATTIVITÀ DA SVOLGERE PRESSO L'IMPRESA con sede nell'intero territorio nazionale</b></p>	
<p>a. Attività di ricerca da svolgere presso l'impresa</p>	<p>La proposta di ricerca prevede 6 mesi di attività di ricerca svolta presso un'impresa</p>
<p>b. Durata di permanenza in impresa del dottorando</p>	<p>6 mesi</p>
<p><b>c. Misurabilità dei risultati attesi e impatto potenziale dell'intervento con riferimento alle finalità del REACT EU: presenza nell'ambito del progetto di percorso dottorale di target quantificabili e misurabili coerenti con</b></p>	<p>Stante la ricerca sopra delineata, il progetto appare centrato sulla creazione di conoscenze innovative con significative ricadute scientifiche, sociali ed economiche sul territorio nazionale. In particolare, nella scelta del programma di ricerca si è favorito la formazione di un profilo professionale di gestione dell'energia che possa dare risposta alle esigenze di innovazione e competitività espresse dal sistema imprenditoriale su questo tema, assimilando conoscenze tecniche specialistiche inerenti sia la gestione dell'energia che le peculiarità del patrimonio costruito.</p> <p>Come visto nella sezione A.b, il progetto è conforme con la SNSI ed il PNR, ed è coerente con la L.240/2010 e il DM 45/2013 in materia</p>

## BORSA N. 9

<b>gli indicatori previsti dall'azione di riferimento del PON</b>	di dottorati, vista la crescente necessità di favorire l'innovazione e l'interscambio tra mondo della ricerca e il mondo produttivo e l'apporto dei progetti di ricerca nei settori dell'innovazione (L. 240/2010, art. 24, co. 3 e ss.mm.ii. La soluzione proposta in questo progetto promette di promuovere la ripresa verde orientata alla conservazione dell'energia così come auspicato dal REACT-EU che mira a finanziare interventi volti all'economia circolare e al risparmio energetico.
<b>C. ATTIVITÀ ALL'ESTERO</b>	
a. Attività di ricerca da svolgere all'estero	La proposta di ricerca prevede 6 mesi di attività di ricerca presso una sede estera

## BORSA N. 10



UNIONE EUROPEA  
Fondo Sociale Europeo



### Programma Operativo Nazionale 2014-2020 Dottorati di ricerca su tematiche dell'innovazione e green

10/08/2021 D.M. 10 agosto 2021, n. 1061

a.a. 2021/2022 - CICLO 37 –

#### TEMATICHE DELL'INNOVAZIONE (AZIONE IV.4)

### BORSA N. 10

#### A. RICERCA PROPOSTA

TECNICHE INNOVATIVE DI INTERAZIONE IN REALTÀ AUMENTATA PER HEALTH CARE IN INDUSTRIA 4.0: APPROCCIO HUMAN CENTRED

**a. Pertinenza del progetto di percorso dottorale in relazione alla capacità di creare un alto valore aggiunto, in termini di ricadute scientifiche, sociali ed economiche sul territorio nazionale, favorendo opportuni modelli di ricerca e la formazione di profili professionali in risposta alle esigenze di innovazione e competitività espresse dal sistema imprenditoriale, attraverso la promozione della ricerca sui temi dell'innovazione, del digitale e delle tecnologie abilitanti, sostenendo la valorizzazione del capitale umano, quale fattore determinante per lo sviluppo della ricerca e dell'innovazione in Italia.**

Il settore sanitario si sta evolvendo nella logica Industria 4.0 verso la digitalizzazione dei processi e delle informazioni (e.g. diagnostica digitale e cartelle cliniche elettroniche). La crescente complessità dei sistemi e dei dati rappresenta una importante sfida per gli operatori sanitari, già oberati i termini di turni lavorativi, stress psicofisico, burocrazie e responsabilità. La Realtà Aumentata (AR) è una delle soluzioni più promettenti a questo problema perché può fornire una interfaccia diretta tra i sistemi tecnologici e le procedure ei dati, mediante informazioni e istruzioni personalizzate nel campo visivo dell'operatore nel luogo giusto al momento giusto. Questa ricerca mira a innovare nel settore della interfaccia operatore dello strumento medicale focalizzandosi alle attività manuali di precisione (fresatura, foratura, inserimento di aghi, etc.). Il risultato atteso, opportunamente misurato con sperimentazione in laboratorio e sul campo, è di migliorare le prestazioni e ridurre lo stress del medico e del paziente, e nello stesso tempo impattare sulla sostenibilità del processo, mediante la riduzione risorse (lastre, cartaceo, diagnostiche e dime usa e getta). Inoltre, l'ambito strategico multidisciplinare, integrando l'ingegneria, con

## BORSA N. 10

	<p>la medicina e l'industrial design offre una valorizzazione del capitale umano sviluppando profili professionali innovativi ma molto richiesti nella transizione digitale del sistema sanitario nazionale.</p>
<p><b>b. Tema della ricerca, evidenziando la conformità del progetto di percorso dottorale con la SNSI ed il PNR, la coerenza con la L.240/2010 e il DM 45/2013 in materia di dottorati, con la finalità di favorire l'innovazione e l'interscambio tra mondo della ricerca e mondo produttivo e qualificazione dell'apporto dei progetti di ricerca nei settori dell'innovazione (L. 240/2010, art. 24, co. 3 e ss.mm.ii.).</b></p>	<p>La robotica non è ancora in grado di sostituire la mano dell'uomo, ma ci sono ambiti in cui un errore umano anche minimo po' avere conseguenze gravi sul paziente (es. la distruzione di fasci di nervi). La AR e con le sue recenti evoluzioni in termini di risoluzione e precisione di tracking, può fornire delle guide e supporti visivi in grado di ridurre il rischio di errore e lo stress del chirurgo e il postoperatorio, con notevole impatto in termini economici, ambientali, umani e sociali.</p> <p>La letteratura ha già dimostrato l'efficacia l'AR in vari campi medicali, tuttavia, la letteratura attuale è focalizzata più sulla tecnologia e le funzionalità, spesso tralasciando i fattori ergonomici sia fisici che cognitivi dell'operatore. Pertanto, il tema della ricerca, in linea con il percorso dottorale multidisciplinare di Industria 4.0, è quello di studiare nuove metodologie di rappresentazione in AR delle informazioni medicali nella realizzazione di operazioni manuali di precisione ad alto rischio. L'apporto innovativo è quello di applicare metodologie human-centered mutuata dal mondo dell'Industrial design e integrarle a quelle della informatica, dei controlli automatici e dell'ingegneria degli strumenti elettromeccanici usati (es. controllo di coppia e velocità di fresatura).</p> <p>La stretta interazione con il mondo medicale, da e centri di ricerca di grande prestigio nel settore può creare sinergie di interscambio nel mondo produttivo con i fornitori di sistemi medicali presenti sul territorio. Questa tematica si colloca pienamente corpo delle ricerche in corso a livello internazionale e offre importanti ricadute in termini di pubblicazioni scientifiche, ma anche in termini economici di brevettabilità e commercializzazione in settori strategici per il paese.</p> <p>I risultati attesi sono la pubblicazione in conferenze e riviste scientifiche e/o brevettazione e/o integrazione con strumenti</p>

## BORSA N. 10

	<p>esistenti. Data la loro generalità, le metodologie possono essere estese ad altri settori affini come quello industriale (es industria meccanica di precisione, orologeria, artigianato, micro-assemblaggi, etc.).</p>
<p>c. Attività di ricerca proposta, metodologie e contenuti</p>	<p>Una prima attività è l'analisi di mercato ed effettuare una revisione approfondita della letteratura, e individuare gli ambiti medicali più interessanti dove apportare innovazione ad alto impatto. Individuati questi si opererà con una attività di individuazione dei requisiti funzionali e individuate le criticità. Saranno somministrati di questionari, per una comprensione olistica e raccogliere dati qualitativi e quantitativi. La attività successiva è quella della progettazione dell'interfaccia innovativa con approccio human centered design. Questa fase si avvalerà di sistemi di prototipazione, prima teorici con la modellazione di scenari, storyboard, personas (utenti virtuali), e valutata in Virtual Reality (usando Unity 3D o simili) e successivamente in campo in AR. Saranno definiti dei protocolli sperimentali in grado di acquisire il feedback degli utenti in modo diretto e indiretto e l'utente sarà pienamente coinvolto nella soluzione dell'implementazione. La fase finale sarà quella di pubblicare in ambiti scientifici internazionali i risultati e la messa a sistema del valore aggiunto mediante la brevettazione o accordi con l'industria biomedicale.</p>
<p><b>B. ATTIVITA' DA SVOLGERE PRESSO L'IMPRESA con sede nell'intero territorio nazionale</b></p>	
<p>a. Attività di ricerca da svolgere presso l'impresa</p>	<p>Le principali attività in ambito dell'impresa mirano a comprendere le esigenze dell'utente chirurgo e la raccolta dei dati con interviste e sondaggi, focus group con esperti per la definizione di scenari e degli spazi di innovazione. L'impresa\ospedale può fornire casi di studio e la relativa fase di acquisizione di dati quantitativi: modellazione di digital twin di ambienti esistenti e degli strumenti operatori in 3D, acquisizione pose nello spazio degli utenti, scenari operativi (stanza, dispositivi, ecc.), il personale della sala operatoria che agisce operare sul paziente in</p>

## BORSA N. 10

	modo realistico. Infine, l'azienda può fornire i canali commerciali per la realizzazione di prodotti e sistemi innovativi.
b. Durata di permanenza in impresa del dottorando	6 mesi
<b>c. Misurabilità dei risultati attesi e impatto potenziale dell'intervento con riferimento alle finalità del REACT EU: presenza nell'ambito del progetto di percorso dottorale di target quantificabili e misurabili coerenti con gli indicatori previsti dall'azione di riferimento del PON</b>	<p>Questa ricerca mira a creare informazioni grafiche interattive e linee guida per il controllo della funzione degli strumenti medicali (es. posizione nello spazio, zone di pericolo, controllo di coppia di fresatura) e strumenti che limitano lo sforzo da parte del team operativo, esplorando gli effetti e i nuovi metodi di interazione della realtà aumentata per i processi chirurgici. Questa ricerca ha il potenziale per migliorare il successo chirurgico, la sicurezza e il benessere generale di chirurghi e pazienti. Inoltre, a lungo termine, può avere un impatto positivo sulla società, aumentare la produttività e l'efficacia del chirurgo, dare una maggiore qualità dei trattamenti ai pazienti e fornire un profitto reciproco.</p> <p>L'efficacia delle metodologie sarà valutata qualitativamente e quantitativamente mediante simulazioni preliminari in VR e successivamente i AR. Saranno definiti dei protocolli e delle metriche (percentuale di errore, tempi di esecuzione, affaticamento operatori) per gli esperimenti incluso questionari e/o interviste (SUS test, NASA TLX).</p> <p>L'impatto sarà processi medici migliori, ridurre i tassi di errore e una migliore qualità della vita per pazienti e medici. Dal punto di vista della resa scientifica i risultati attesi sono di almeno una pubblicazione a livello internazionale all'anno, con preferenza su rivista.</p>
<b>C. ATTIVITA' ALL'ESTERO</b>	
a. Attività di ricerca da svolgere all'estero	Le principali attività in ambito aziendale sono quelle di utilizzare la disponibilità di avere tecnologie medicali di ultima generazione direttamente in sede, oltre che un importantissimo background scientifico di riferimento a livello mondiale. L'impresa può fornire tecnologie AR di ultima generazione in

## BORSA N. 10

	termini di visori e tracking, oltre che realizzare casi di studio alternativi.
--	--