

**DOTTORATI DI RICERCA SU TEMATICHE GREEN E DELL'INNOVAZIONE**  
**Allegato 4**

**DOTTORATO DI RICERCA IN INGEGNERIA E SCIENZE AEROSPAZIALI XXXVII CICLO**

*corso di dottorato interateneo con l'Università degli Studi di Bari Aldo Moro*

**Dipartimento:** Dipartimento di Ingegneria Meccanica Matematica e Management

**Coordinatore:** prof. Marco Donato de Tullio ([marcodonato.detullio@poliba.it](mailto:marcodonato.detullio@poliba.it))

**Posti a concorso**

- Macroarea tematica "Innovazione": n. 2 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 Ingegneria e Scienze Aerospaziali 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 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 4

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: "*06.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 4

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. 23



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. 23

#### A. RICERCA PROPOSTA: *Avionica di nuova generazione per velivoli unmanned in ambito air mobility*

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 il piano strategico per l'innovazione dell'Istituto Europeo di Innovazione e Tecnologia per il periodo 2021-2027 (L.189/98, 28.5.2021), l'Unione Europea mira a promuovere un rapido trasferimento dei risultati delle attività di ricerca ed innovazione al mercato ed alla società. Tra le traiettorie delineate per lo sviluppo tecnologico, si annovera lo sviluppo di sistemi di mobilità urbana intelligente, e che utilizzino anche la dimensione verticale (*Urban Air Mobility*), per la logistica e le persone, in grado di supportare il processo di decarbonizzazione, al fine di ridurre l'inquinamento globale. La modifica del paradigma di mobilità urbana verso approcci eco-sostenibili risponde alle richieste di transizione ecologica.

In tale contesto, la presente proposta di ricerca mira allo studio e alla progettazione di sistemi avionici di nuova generazione, per velivoli *unmanned* in applicazioni di *Advanced/Urban air mobility*, che ricade nelle aree tematiche di interesse del PNR e della SNSI. Per il progetto, si possono individuare diversi ambiti applicativi, quali monitoraggio extra urbano per agricoltura di precisione, controllo della mobilità su strada, controllo delle coste e trasporto di merci, che è il più rilevante dal punto di vista dello sviluppo industriale europeo e delle potenzialità di miglioramento della mobilità urbana e metropolitana. La proposta di ricerca mira all'interscambio tra i settori della ricerca e delle imprese per innovare le tecnologie di mobilità urbana ed extraurbana, garantendo il trasferimento tecnologico dei risultati verso i partner industriali coinvolti nel progetto. L'inclusione nel progetto di riconosciute imprese nazionali e aziende internazionali mira ad incrementare l'impatto della ricerca, rappresentando un valore aggiunto per il programma operativo nazionale, anche in considerazione dell'enorme interesse socio-economico del tema in questione. Oltre alle notevoli ripercussioni economico-commerciali della prototipizzazione del sistema, un valore aggiunto è l'alta formazione finale del Candidato, che durante il percorso di dottorato dovrà investigare gli scenari applicativi dei velivoli per *Advanced/Urban air mobility* e definire le linee progettuali di sistemi avionici atti a soddisfare le esigenze dell'utente finale, mediante l'utilizzo di tecnologie abilitanti, quali micro- e nanoelettronica, fotonica e tecniche wireless. In collaborazione con l'impresa coproponente, il Candidato dovrà testare

## BORSA N. 23

l'efficacia del velivolo, con sguardo attento anche al costo ed alla platea di interesse dello stesso, come enti pubblici o privati. La stretta collaborazione tra università ed impresa contribuirà alla formazione di un "talento", il cui *background*, al conseguimento del titolo, sarà spendibile in vari settori regionali e nazionali per lo sviluppo dell'innovazione, attraverso l'acquisizione di un profilo professionale rispondente alla domanda di innovazione e competitività dell'industria nel settore specifico.

**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.).**

L'attività di ricerca proposta mira allo studio e alla progettazione di sistemi avionici di nuova generazione per velivoli in ambito *Advance/Urban air mobility*. Tale tema di ricerca ricade nell'Area Tematica *Agenda Digitale, Smart Communities, Sistemi di mobilità intelligente, Traiettorie Sistemi di mobilità urbana intelligente per la logistica e le persone* della SNSI e nell'Area Aerospazio del PNR 2021-2027. Gli sforzi attualmente si sono concentrati verso lo sfruttamento della cosiddetta "terza dimensione", ossia l'aria. In tale scenario, come anche dimostrato dal protocollo di intesa siglato tra il Ministro per l'Innovazione Tecnologica e la Digitalizzazione e il Presidente dell'ENAC a dicembre 2019, *l'urban air mobility* rappresenta il prossimo salto generazionale, terreno fertile di sperimentazione per innovatori e investitori allo stesso tempo, aprendo nuovi scenari tecnologici, economici e industriali. Con *urban air mobility* ci si riferisce a tutti i mezzi di trasporto pensati per spostamenti aerei a cortissimo raggio (< 50 km) e a bassa quota (< 1.500 metri da terra), in ambito urbano ed extra-urbano. Tra gli elementi funzionali chiave di un velivolo si identificano i sistemi avionici, in grado di garantire un corretto e sicuro posizionamento ed orientamento del velivolo, preservando anche l'incolumità pubblica.

Il progetto di ricerca si focalizzerà sul miglioramento delle misure di posizione e di orientamento degli *high volume devices*, come droni, veicoli a guida autonoma, robot, eVTOL, ecc. A tale scopo, oltre al funzionamento standard con satelliti GNSS con *data augmentation*, saranno sperimentate nuove soluzioni per unità inerziali con l'obiettivo di fornire servizi di mobilità sicuri e sostenibili e completare il mercato del settore relativo a sistemi GNSS + Inertial Navigation Systems (INSs), che, allo stato attuale, presentano ampi margini di miglioramento tecnologico. Nell'ambito *Mobilità sostenibile*, articolazione 5: *mobilità automatizzata, connessa e sicura*, la progettazione di sistemi per velivoli in ambito *urban air mobility* soddisfa le richieste di sviluppo di un sistema di trasporto automatizzato, connesso, sicuro e competitivo. Inoltre, lo sviluppo di tali sistemi contribuisce a sostenere la transizione ecologica del Paese, come auspicato dal programma REACT-EU. Per soddisfare i suddetti obiettivi, è richiesta un'intensa collaborazione tra università e azienda, con lo scopo di valorizzare l'attività attraverso un concreto contributo al settore dell'innovazione del mondo imprenditoriale. Le attività di ricerca previste nella presente proposta sono in piena coerenza con le indicazioni della L.240/2010 e del DM 45/2013 in materia di dottorati, poiché consentiranno la formazione di una figura professionale necessaria nell'ambito dello sviluppo dell'innovazione, in stretta collaborazione con il mondo produttivo.

### **c. Attività di ricerca proposta, metodologie e contenuti**

L'attività di ricerca proposta consta di 3 fasi: individuazione degli scenari applicativi e dei relativi requisiti (fase 1), studio e progettazione (fase 2), sperimentazione del sistema proposto (fase 3). Nella fase 1 saranno individuati gli scenari applicativi dei velivoli per *urban air mobility*, come trasporto di merci, supporto ai servizi di emergenza, trasporto di sangue e organi, monitoraggio del traffico o delle infrastrutture, della sicurezza pubblica. Tale attività porterà all'individuazione delle specifiche richieste ai sistemi avionici e ad eventuali payload di supporto. Durante la fase 2, il Candidato dovrà analizzare le soluzioni di sistemi avionici presenti sul mercato e/o proposti in letteratura. Per la stima della posizione del velivolo, i sistemi di navigazione e

## BORSA N. 23

guida autonoma includono il *Global Navigation Satellite System* (GNSS), GNSS con *data augmented*, GNSS/INS, *Micro-Electromechanical System*, *Inertial Measurement Unit* e sensori *Vision Based Navigation*. Il Candidato dovrà confrontare le caratteristiche delle succitate tecnologie con le prestazioni target richieste al sistema da sviluppare, individuate nella fase 1. Le prestazioni richieste potranno essere soddisfatte anche da soluzioni innovative, basate su tecnologie abilitanti, (es. fotonica), utilizzando competenze sviluppate presso il Laboratorio di Optoelettronica del Politecnico di Bari. Il laboratorio vanta una pluriennale attività di sviluppo di giroscopi fotonici integrati ad elevate prestazioni per applicazioni che richiedono estrema precisione di puntamento dei velivoli, come attestato da numerose pubblicazioni su riviste internazionali e dal brevetto internazionale "*Optical Rotation sensor as well as method of manufacturing an optical rotation sensor*", di cui il Politecnico di Bari è detentore, da progetti di sviluppo tecnologico in corso in collaborazione con aziende leader del settore e con le agenzie spaziali nazionale ed europea. L'applicazione di tecnologie già sviluppate dal Politecnico darebbe anche chiara evidenza della capacità di trasferimento tecnologico, valore aggiunto della proposta.

Nella fase 3, il prototipo di sistema per un *case study* sarà assemblato e testato su velivolo e le misure saranno analizzate per validarne i risultati. Sarà anche effettuato un confronto con le soluzioni già presenti sul mercato e/o proposte in letteratura per verificare le differenze nell'accuratezza e nelle altre funzionalità offerte dal sistema, quali sicurezza, robustezza, leggerezza, ripetibilità delle misure.

La realizzazione e la sperimentazione del prototipo nella fase 3 permetteranno di individuare e risolvere problematiche che solo il contesto applicativo riuscirà a far emergere. Le *review* e il *redesign* del prototipo permetteranno anche di avviare una prima ingegnerizzazione del prodotto.

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

#### **a. Attività di ricerca da svolgere presso l'impresa**

L'impresa, attraverso l'eccellenza scientifica e tecnologica assicurata dai suoi soci, rafforza la competitività del sistema produttivo e propone ed attua progetti di ricerca, formazione e innovazione per lo sviluppo di tecnologie chiave, la creazione di nuove figure professionali, la realizzazione di infrastrutture al servizio della ricerca e innovazione. L'ente è da tempo impegnato in attività volte allo sviluppo di un'infrastruttura per il test (in simulazione e in volo) e la validazione di piattaforme UAS e di servizi di navigazione (ATM, U-Space), nonché di tecnologie e soluzioni per l'integrazione degli UAS nello spazio aereo non segregato, UAM, tecnologie abilitanti, nuovi ConOps e procedure per l'interoperabilità tra diverse tipologie di traffico aereo. L'attività di ricerca che si propone ricade, pertanto, pienamente in uno dei filoni di sviluppo.

Il partner ha già avviato diverse iniziative nazionali ed internazionali finalizzate a sperimentare soluzioni innovative in ambito di navigazione di UAS con il duplice obiettivo di validare ricevitori GNSS innovativi (che rilevano i segnali dalle costellazioni GPS, GALILEO, e il sistema di *augmentation* EGNOS) e di verificare la loro compatibilità con le sfidanti richieste dell'*Urban Air Mobility*.

Sfruttando il background del partner in termini di soluzioni innovative in ambito aerospaziale, l'attività consentirà al Candidato di individuare gli scenari applicativi per il sistema da progettare come trasporto di merci e passeggeri, agricoltura di precisione, controllo della mobilità su strade, controllo delle coste e di aree urbane ed extraurbane. Tale attività risulterà essenziale definire le specifiche prestazionali richieste, che delineeranno le soluzioni tecnologiche più promettenti.

#### **b. Durata di permanenza in impresa**

12 mesi

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

La dilagante epidemia pandemica dovuta al virus COVID-19 ha comportato notevoli perdite anche nel settore aerospaziale, a causa di un reindirizzamento dei fondi della Comunità Europea, destinati al settore spaziale, verso il macrosettore "Salute". E' stata stimata una perdita di circa 4 miliardi di euro del settore, a cui si aggiungono le restrizioni alla mobilità delle persone che ha ridotto per diversi mesi il traffico aereo e la relativa supply chain. Il coinvolgimento nel seguente programma di ricerca di un'impresa nazionale e di un'azienda internazionale, operanti nel settore aerospaziale, mira anche al risollevarlo, tramite l'innovazione e lo sviluppo di nuovi segmenti di mercato, in tale settore, conforme alle finalità del REACT-EU. La ricerca che si propone riguarda il tema dell'innovazione attraverso l'uso di tecnologie abilitanti e la valorizzazione del capitale umano, con l'obiettivo di offrire un contributo all'economia nel nostro Paese. Risultati in corso delle attività e finali costituiranno elementi utili a valutare l'effettivo progresso dello stato dell'arte nell'ambito dei sistemi avionici. In particolare, gli obiettivi delle tre fasi previste nel corso della ricerca possono essere definiti come segue:

- Stato dell'arte scientifico e industriale dei sistemi avionici innovativi per velivoli di *advanced/urban air mobility*, con l'identificazione dei principali scenari applicativi.
- Progettazione del sistema avionico. Sulla base delle specifiche definite per la particolare applicazione scelta, si potrà fare ricorso a componenti tecnologici avanzati per alcune specifiche funzionalità, quale, ad esempio, la navigazione.
- Fabbricazione del primo prototipo e sperimentazione della tecnologia in contesti urbani/extraurbani.

Tali obiettivi sono coerenti con gli indicatori previsti dal PON e sono facilmente quantificabili, in conformità con le finalità delle azioni del REACT EU.

Lo sviluppo del sistema avionico proposto richiede l'interazione di know-how presenti nell'Ateneo proponente, nell'impresa consortile, coinvolta nel progetto, da anni attenta a nuove soluzioni in ambito aerospaziale, la cui storia è un esempio vincente di continua propensione all'innovazione tecnologica, in ottica di contaminazione e networking delle competenze. Tale interscambio risponde all'indicatore #CO26 previsto dall'Azione 1.1.3 del PON. Una positiva sperimentazione del dispositivo spingerebbe all'introduzione del prodotto nella filiera produttiva dell'azienda, come richiesto dall'indicatore #1b1 dell' Azione 1.1.3 del PON, con conseguente penetrazione in altre aree del mercato.

## **C. ATTIVITA' ALL'ESTERO**

### **a. Attività di ricerca da svolgere all'estero**

L'impresa estera è una joint venture, che fornisce soluzioni all'avanguardia di *Unmanned Aerial Vehicle*. Essa fornisce soluzioni innovative ad un'ampia varietà di settori della difesa militare, sicurezza civile e marittima. Durante il periodo all'estero, il Candidato dovrà svolgere una sperimentazione sul campo del sistema implementato, in contesti urbani ed extra urbani. Tale attività verterà sulla validazione dell'accuratezza, affidabilità e sicurezza del sistema sviluppato, tale da confermare i miglioramenti rispetto alle tecnologie attualmente presenti sul mercato.

Attraverso un'intensa attività sperimentale sta portando avanti una campagna di sviluppo delle proprie piattaforme aeree senza pilota a bordo. Il mercato di riferimento attuale è quello dei servizi di monitoraggio ambientale eseguito attraverso sensori EO e sensori in grado di rilevare le particelle inquinanti presenti nell'aria. Tra i prossimi obiettivi quello di penetrare il mercato dei trasporti di beni su tratte medio/lunghe (10-100Km) per *use case* di tipo Hub-Hub per un successivo trasporto di tipo 'last mile'.

Lo sviluppo di tale ambito di mercato richiede inevitabilmente un miglioramento delle performance di posizionamento e navigazione rispetto ai sistemi aperti attuali (ad esempio GPS, GALILEO, EGNOS) in grado di garantire la sicurezza di un traffico denso e sorvegliato tramite i sistemi UTM.

## BORSA N. 24



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. 24

### A. RICERCA PROPOSTA

**Rappresentazione della conoscenza per la fusione dell'informazione, l'inferenza e il coordinamento automatico in sciame di Unmanned Aerial Vehicle per il monitoraggio ambientale e il controllo del territorio.**

**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.**

Gli argomenti di studio e ricerca elencati nella proposta progettuale sono pienamente coerenti rispetto alle tematiche riguardanti l'ambito disciplinare del Dottorato di Ricerca in Ingegneria e Scienze Aerospaziali, investendo principalmente competenze specialistiche ed attività relative a sistemi di controllo automatico, sistemi complessi di sensori, sistemi di gestione ed elaborazione dei dati, intelligenza artificiale e cybersecurity. La varietà di argomenti e settori scientifici coinvolti denota il forte grado di interdisciplinarietà della borsa di dottorato proposta. Questo consente lo sviluppo di competenze e la realizzazione di metodologie ed applicazioni che, a partire dall'ingegneria e dalle scienze aerospaziali, potranno estendersi in ambiti affini, quali quelli della robotica, delle Smart Grid, del controllo dell'ambiente e del territorio, dei servizi legati alla gestione ed ottimizzazione delle risorse in ambito green. La ricerca proposta presenta un elevato livello di innovazione, grazie all'utilizzo di tecnologie all'avanguardia basate sull'utilizzo della rappresentazione della conoscenza e del ragionamento automatico in sistemi multi-agente. Pertanto, i risultati della ricerca potranno apportare ricadute scientifiche, sociali ed economiche per il territorio, favorendo la formazione di competenze e conoscenze in grado di favorire lo sviluppo di servizi innovativi ad impatto ridotto sull'ambiente e promuovere la transizione verde.

**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.**

La ricerca proposta è finalizzata allo studio ed applicazione delle tecnologie di rappresentazione della conoscenza e ragionamento automatico distribuito per il coordinamento autonomo in reti pervasive di oggetti intelligenti. La possibilità di integrare in oggetti di tipo eterogeneo dispositivi low-cost per l'elaborazione e la trasmissione dei dati consente di far interagire simultaneamente numerosi apparecchi ed acquisire dati da oggetti smart che popolano l'ambiente. Si possono così individuare eventi, classificare fenomeni, processi e interazioni in atto, e decidere comportamenti adeguati al contesto. A causa della elevata dinamicità dei dati e dei dispositivi nei contesti di calcolo pervasivo, è indispensabile che i singoli agenti siano dotati localmente di procedure di inferenza e capacità di ragionamento automatico. Risultano però problemi ancora ampiamente aperti sia l'ottimizzazione delle architetture e delle tecniche di inferenza tradizionali per sistemi di calcolo dalle risorse fortemente limitate, sia la gestione dei singoli agenti non in modo centralizzato ma distribuito e coordinato, dinamico e autonomo. Principale ambito applicativo delle tecnologie e metodologie oggetto d'indagine sarà l'uso di sciami di UAV (Unmanned Aerial Vehicle) per servizi innovativi quali il monitoraggio ambientale e il controllo del territorio. Tale genere di missioni può raggiungere livelli di complessità difficilmente gestibili con le tecnologie allo stato dell'arte in ragione dell'ampiezza dell'area di osservazione, della precisione richiesta e del numero di entità e fenomeni da monitorare, identificare e classificare. In particolare, la concentrazione di tutte le funzionalità di elaborazione dati in una ground control station richiede elevata larghezza di banda per i flussi di dati e una risposta real-time che mal si sposa con le latenze di comunicazione. Applicando le metodologie oggetto della ricerca sarà possibile definire framework innovativi dal carico computazionale limitato per la fusione delle informazioni raccolte dai sensori a bordo, la classificazione degli eventi/fenomeni di interesse e la decisione autonoma. Mediante ottimizzazione delle risorse hardware e software essi saranno eseguibili a bordo UAV, con un interscambio dati limitato ad annotazioni compatte tra sottoinsiemi di velivoli. Ciò porterà benefici di minor impatto computazionale e maggiore autonomia energetica. Da quanto descritto risulta chiaro come gli argomenti di ricerca proposti risultino essere inquadrati nella SNSI relativamente a "Agenda Digitale, Smart Communities, Sistemi di mobilità intelligente", con la traiettoria di sviluppo di "Sistemi elettronici embedded, reti di sensori intelligenti, internet of things", e nell'area "Salute, alimentazione, qualità della vita", in relazione alla

## BORSA N. 24

	traiettorie “Sistemi per la sicurezza dell’ambiente urbano, il monitoraggio ambientale e la prevenzione di eventi critici o di rischio”.
c. Attività di ricerca proposta, metodologie e contenuti	<p>Il tema di ricerca riguarda lo studio, la definizione, l’ottimizzazione e l’applicazione di tecniche e metodologie di rappresentazione della conoscenza e ragionamento automatico in scenari che richiedono la cooperazione di molteplici agenti, di tipo omogeneo od eterogeneo, per la realizzazione di un task ben preciso. Attualmente la possibilità di integrare in oggetti di tipo eterogeneo dispositivi low-cost per l’elaborazione e la trasmissione dei dati schiude l’opportunità di far interagire simultaneamente numerosi apparecchi ed acquisire dati da oggetti smart che popolano l’ambiente. Si possono così individuare eventi, classificare fenomeni e processi in atto, e decidere comportamenti adeguati al contesto senza un controllo esterno. Allo stato dell’arte le metodologie di data mining basate su euristiche appaiono tuttavia inadeguate. Le tecniche di machine learning invece, benchè sempre più efficaci, richiedono capacità di elaborazione e memorizzazione che si adattano poco ad infrastrutture di calcolo leggere e pervasive e ad una risposta in tempo reale. Un approccio promettente per un’analisi efficiente, che possa superare i limiti esistenti nell’interoperabilità dei dati e nell’interpretabilità dei risultati, prevede l’annotazione degli oggetti presenti nel mondo fisico, dei dati raccolti e del contesto in cui sono immersi con descrizioni concise, strutturate e machine understandable, basate su linguaggi e tecnologie di rappresentazione della conoscenza. Esse possono rappresentare l’input per l’applicazione di inferenze automatiche, da parte di agenti intelligenti, al fine di dedurre nuova conoscenza implicita da sfruttare per il perseguimento dei propri obiettivi. Obiettivo della ricerca è dunque quello di fornire a ciascun agente, attraverso l’uso della semantica, una maggiore consapevolezza dell’ambiente in cui opera e di conseguenza la capacità di prendere decisioni in maniera autonoma e coordinata anche in caso di eventi imprevisti. A tal fine saranno analizzati i diversi framework, linguaggi e strumenti adoperati nell’ambito della rappresentazione della conoscenza e del ragionamento automatico. Attualmente La maggior parte dei motori inferenziali sono pensati per piattaforme desktop o server, poco adattandosi a dispositivi dalle risorse di calcolo fortemente limitate, quali i sistemi UAV (Unmanned Aerial Vehicle), che costituiscono il target di riferimento per la validazione delle soluzioni proposte dalla ricerca dal punto di vista funzionale e prestazionale. Per tali motivi, la ricerca</p>

## BORSA N. 24

	<p>proposta studierà tecniche, metodologie e strumenti che garantiscano la manipolazione di basi di conoscenza su tali dispositivi. Ulteriore obiettivo della ricerca riguarda la progettazione ed implementazione di nuovi servizi di inferenza automatica, che possano essere utilizzati, in scenari complessi come il coordinamento autonomo e decentralizzato di sciami di UAV per il monitoraggio ambientale e il controllo del territorio.</p>
<b>B. ATTIVITA' DA SVOLGERE PRESSO L'IMPRESA con sede nell'intero territorio nazionale</b>	
<p>a. Attività di ricerca da svolgere presso l'impresa</p>	<p>La società partner svolge attività di ricerca e sviluppo in aree tecnologicamente avanzate, quali il settore aerospaziale, la cybersecurity ed il campo emergente dell'IoT. In tale contesto, le attività di ricerca da svolgere presso l'impresa riguardano la configurazione e lo sviluppo sperimentale di un testbed, per la verifica e la validazione delle conoscenze acquisite durante il percorso di dottorato e previste dal particolare tema di ricerca proposto, nell'ambito dell'utilizzo delle tecniche di rappresentazione della conoscenza e ragionamento automatico per il coordinamento autonomo di squadre di agenti intelligenti per scopi di monitoraggio ambientale. Uno dei limiti principali degli attuali sistemi multi-agente è che ciascun agente possiede una visione parziale dell'ambiente circostante e desidera ottenere una descrizione del contesto più affidabile e completa, considerando anche le prospettive degli altri. Gli approcci basati sulla semantica abilitano capacità di fusione dell'informazione, garantendo a ciascun agente di inferire automaticamente quali sono le caratteristiche che può offrire o di cui ha bisogno in maniera del tutto decentralizzata e collaborativa. Pertanto, il prototipo da sviluppare deve consentire a ciascun agente di effettuare operazioni di sensing ed attuazione, al fine di:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- fondere informazioni provenienti da sensori eterogenei</li><li>- produrre annotazioni di alto livello dell'ambiente che lo circonda</li><li>- riconoscere condizioni o eventi di interesse</li><li>- agire correttamente ad in modo dinamico data la situazione attuale</li></ul> <p>Un'ulteriore attività potrà riguardare la gestione dello scambio di informazioni in sicurezza ed il coordinamento tra team di agenti eterogenei. In tal senso sarà necessario identificare meccanismi flessibili e scalabili in grado di garantire l'integrità del dato all'interno di un framework di collaborazione tra entità diverse.</p>

## BORSA N. 24

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 REACTEU: 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>Le attività elencate all'interno della proposta di ricerca prevedono la realizzazione di nuove metodologie, framework e dimostratori basati sull'utilizzo delle tecnologie di rappresentazione della conoscenza e ragionamento automatico che forniscono servizi avanzati in ambienti distribuiti per il supporto alle decisioni, monitoraggio e ottimizzazione delle risorse; con particolare riferimento alla salvaguardia ambientale ed all'utilizzo efficiente ed efficace delle risorse di calcolo. In particolare, l'attività di ricerca condotta presso la sede aziendale porterà alla realizzazione di un prototipo per la verifica e l'analisi sperimentale delle tecnologie adoperate: saranno effettuate misure sperimentali sul prototipo realizzato ed analizzati i risultati ottenuti per avere un riscontro delle potenzialità delle soluzioni proposte. Ogni output tangibile, derivante dalla ricerca effettuata, verrà consolidato e disseminato attraverso la pubblicazione su riviste scientifiche o la partecipazione a convegni internazionali. Sono previsti anche momenti formativi per il personale all'interno dell'impresa ospitante, in modo tale che le conoscenze sviluppate dal beneficiario della borsa siano acquisite in modo permanente ed integrate nei processi industriali dell'azienda. Risulta evidente, da quanto descritto, l'elevata probabilità di impiego a livello regionale, nazionale ed europeo del dottorando coinvolto nel presente percorso di dottorato. La ricerca proposta, inoltre, potrà risultare di interesse per le imprese del tessuto regionale e nazionale, attraverso il trasferimento tecnologico e l'industrializzazione delle tecnologie e dei prototipi sviluppati, così come con la formazione di figure professionali con maggiori competenze negli ambiti di ricerca proposti e tramite l'utilizzo di strumenti tecnologici all'avanguardia. Tutto questo, a fronte di una domanda specifica da parte di aziende operanti nel settore dell'aerospazio fortemente interessate a tali avanzamenti scientifico/tecnologici, sia nella Regione Puglia sia in ambito nazionale. In funzione di tali considerazioni, con riferimento alle finalità dei fondi REACT-EU predisposti dall'Unione Europea, è possibile identificare la corrispondenza dei risultati attesi dalla ricerca, precedentemente descritti, con gli obiettivi previsti dagli investimenti tramite il fondo European Regional Development Fund (ERDF) nel settore "085 - Biodiversity, nature protection &amp; green infrastructure" in materia di ambiente (settore in cui l'Italia è il Paese UE</p>

## BORSA N. 24

	con la massima allocazione di risorse ERDF) e nel settore “048 – ICT: Other types of ICT Infrastructure” in materia di digitalizzazione.
<b>C. ATTIVITA' ALL'ESTERO</b>	
a. Attività di ricerca da svolgere all'estero	Non prevista
b. Denominazione e sede del soggetto ospitante all'estero (università, ente di ricerca pubblico o privato, impresa)	Non prevista

## BORSA N. 25



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. 25**

#### **A. RICERCA PROPOSTA: Sviluppo di tecniche di indagine innovative per il monitoraggio dell'integrità strutturale di componenti aeronautici**

**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.**

La presente ricerca riguarda lo sviluppo di tecniche e metodi di indagine innovativi e la progettazione di componenti con sensori 'embedded' e non, per il 'monitoraggio dello stato di integrità-SHM' di parti di aeromobili realizzate con materiali sostenibili e circolari. Tali attività produrranno ricadute economiche/ambientali positive per il settore grazie al repair di componenti esistenti che limiterebbe la produzione e lo smaltimento degli stessi.

Il valore aggiunto si ottiene dalle attività di ricerca, di analisi, simulazione, sperimentazione volte ad aumentare la conoscenza sulle difettosità e sui meccanismi di danneggiamento indotti dalle condizioni di carico a cui essi sono sottoposti. Ciò porterà a generare un flusso di know-how dall'università all'azienda grazie alla formazione che ne deriverà per il gruppo e i dipendenti dell'azienda interessata, su tali temi. Grazie alla ricerca di base universitaria la ricerca industriale coprirà i 'gap' aziendali in relazione ad una specifica problematica e ciò consentirà inoltre di proporre un quadro standard per la modellazione computazionale e la sperimentazione di questi materiali. Gli algoritmi di analisi e le procedure di test saranno esportate nell'industria per realizzare sistemi di indagine automatizzati. Ne

conseguirà un arricchimento in termini di conoscenza nell'ambito industriale grazie alla formazione di profili professionali altamente specializzati e costantemente aggiornati sulle nuove procedure di prova e analisi in filo diretto con l'Università. Si prevede di formare una nuova figura professionale di tecnico specializzato nel monitoraggio dell'integrità strutturale dei componenti. Tali competenze e conoscenze saranno valide anche in altri ambiti industriali. Nel settore particolare, l'industria manifatturiera potrà consolidare e rafforzare la propria competitività grazie al fatto di essere più versatile e sostenibile.

Il valore aggiunto è dato anche dalla scelta 'green' e dalla cultura del monitoraggio, il futuro dell'industria manifatturiera, che si persegue anche attraverso la valorizzazione del capitale umano mediante la definizione, comunicazione e perseguimento di uno scopo di lungo termine o la creazione di nuove figure professionali altamente specializzate. Ciò dovrebbe generare una cultura in cui le persone aderiscano a un sistema di valori e una visione positiva di lungo termine e si impegnino per realizzarla, contribuendo al miglioramento del settore aerospaziale e generando un impatto positivo sulle altre persone e industrie.

Infine, l'implementazione di tali tecniche di ispezione consentirà di ridurre significativamente il tempo e i costi associati alle riparazioni. Con il monitoraggio continuo delle condizioni, anche se compare un difetto, la manutenzione sarà tempestiva ed economicamente efficiente, garantendo al contempo la sicurezza dei passeggeri delle compagnie aeree. Questo ha ricadute in generale su tutto il settore dell'aerospazio poiché contribuisce indirettamente ad trasporto aereo ecologico e sicuro.

**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.).**

Negli ultimi anni, la cultura del monitoraggio della 'salute' strutturale (SHM) ha riscosso crescente interesse per la valutazione dello stato e la diagnosi di problemi nel comportamento di componenti. Tutti i tipi di componenti strutturali, in servizio e non, necessitano di un determinato livello di integrità durante la vita operativa per garantire performances e sicurezza. Tuttavia, degradazione e sollecitazioni eccezionali o complesse possono produrre gravi danni ai componenti. Un adeguato monitoraggio dei cambiamenti nel comportamento strutturale (deformazioni/sollecitazioni) consentirebbe l'identificazione di stati critici e/o danneggiamenti locali/globali, fornendo feedback utili per la manutenzione e per la progettazione del componente. Ciò consentirebbe uno sfruttamento totale del materiale prevedendone la vita utile senza rinunciare alla sicurezza del prodotto contro rotture improvvise.

I recenti progressi nelle tecniche di indagine hanno consentito di customizzare controllo e monitoraggio e di trovare quello ottimale per ogni tipo di componente. Tuttavia le questioni ancora aperte che saranno trattate nel presente progetto sono:

- Lo sviluppo di procedure innovative di prove Non Distruttive (NDT) per la valutazione non invasiva delle condizioni strutturali e relativi metodi di calcolo per l'identificazione intelligente dei danni;
- Rilevamento dei danni e monitoraggio della integrità strutturale mediante l'uso di materiali e dispositivi intelligenti;

In quest'ottica il presente progetto mira a sviluppare tecniche e metodi di indagine con e senza contatto, e una progettazione innovativa di componenti con sensori 'embedded e non' per monitorare l'integrità strutturale di parti del velivolo. Nell'ottica dell'attuazione della scelta 'green' i componenti saranno in materiali sostenibili e circolari come quelli a base naturale oppure derivanti da processi additive manufacturing come la stampa 3D.

L'obiettivo del progetto è duplice: fornire gli strumenti per promuovere l'uso e l'applicazione di tali materiali smart nell'industria e rendere più sostenibile dal punto di vista ambientale la produzione, la dismissione di tali materiali. Il potenziale di una tale ricerca consiste nel fatto di

## BORSA N. 25

	<p>promuovere strutture essere carbon neutral, rinnovabili e riciclabili ma anche promuovere la cultura del controllo e monitoraggio della integrità strutturale.</p> <p>La trasversalità del tema della ricerca comprende i più svariati ambiti dell'ingegneria: navale, energie rinnovabili, civile. Le attività saranno svolte con l'obiettivo di creare un "eco-sistema" integrato tra ricerca di base e industriale per perseguire una innovazione continua e uno scambio osmotico di competenze e conoscenza tra università e impresa grazie anche alla formazione del gruppo e dei dipendenti dell'azienda coinvolta. Gli output del progetto saranno fondamentali per l'industria aeronautica per produrre manufatti sempre più prestanti ma green, cercando di attuare la transizione dal paradigma economico lineare a quello circolare.</p>
<p>c. Attività di ricerca proposta, metodologie e contenuti</p>	<p>Il progetto si propone il conseguimento dei seguenti obiettivi realizzativi (OR):</p> <p>OR1: Sviluppo di procedure sperimentali per lo studio del danneggiamento subito da materiali compositi sollecitati con carichi statici e dinamici.</p> <p>L'obiettivo sarà raggiunto conducendo prove di caratterizzazione meccanica su provini in laboratorio realizzati con materiali sostenibili e circolari. L'analisi del danneggiamento sarà condotta mediante tecniche non distruttive in grado di garantire risultati affidabili ma in tempi molto più rapidi ed un numero di provini inferiore rispetto alle tecniche tradizionali.</p> <p>OR2: Sviluppo di procedure e tecniche sperimentali non distruttive per la diagnostica di materiali compositi.</p> <p>L'obiettivo sarà raggiunto conducendo prove non distruttive con tecniche termografiche su provini e componenti in materiale composito. La novità dell'indagine è rappresentata dall'utilizzo di differenti sensori (embedded e contactless) per la caratterizzazione completa dei difetti in termini di dimensioni, profondità e tipologia. Lo scopo è quello di ridurre i tempi di prova rispetto alle tecniche NDT tradizionali.</p>

## BORSA N. 25

OR3: Applicazione e verifica delle procedure sviluppate in laboratorio su componenti e strutture in sito.

La verifica dell'obiettivo avverrà con l'applicazione delle procedure e tecniche sviluppate nei precedenti OR su componenti reali durante condizioni di normale funzionamento o durante i fermi previsti per le attività manutentive.

Tempo complessivo dell'attività di ricerca: 36 mesi.

Fase 1: Prove di fattibilità ed ottimizzazione delle procedure sviluppate con tecniche non distruttive (dal mese 1 al mese 12)

- Scelta dei materiali e realizzazione dei provini per le prove di caratterizzazione meccanica e realizzazione di provini con difetti noti per i controlli non distruttivi.
- Campagna prove con varie tecniche non distruttive (NDT) sui provini realizzati al fine di ottimizzare il set-up e i parametri di prova.
- Redazione delle procedure di prova e sviluppo di software per l'analisi di dati.

Fase 2: Studio di sensori embedded per il controllo strutturale continuo (dal mese 13 al mese 24)

- Scelta dei sensori più idonei per l'applicazione sul materiale scelto nella Fase 1.
- Campagna prove su provini campione al fine di ottimizzare set-up e parametri di prova.
- Redazione di procedure di prova e sviluppo di software per l'analisi dei dati.

Fase 3: Applicazione delle procedure e dei software sviluppati nelle Fasi 1 e 2 su componenti reali (dal mese 25 al mese 36)

- Scelta dei componenti da studiare.
- Applicazione delle procedure sviluppate nelle fasi 1 e 2 sui componenti scelti ripetute ad intervalli temporali regolari.
- Applicazione delle procedure e dei software sviluppati nelle fasi 1 e 2 su componenti prototipali.

## BORSA N. 25

	<ul style="list-style-type: none"><li>- Stesura di un piano di manutenzione per il controllo continuo dei componenti reali.</li></ul>
<b>B. ATTIVITA' DA SVOLGERE PRESSO L'IMPRESA con sede nell'intero territorio nazionale (minimo 6 mesi)</b>	
a. Attività di ricerca da svolgere presso l'impresa	<p>Le attività da svolgere presso l'impresa saranno legate alle seguenti fasi progettuali:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- interazione con reparto di design: si delineerà un flusso di informazioni necessario alla comprensione delle criticità del componente, allo studio della tipologia di sensoristica da utilizzare e infine alla scelta del prototipo da realizzare;</li><li>- analisi strutturale modifica e integrazione di materiali smart: tale fase sarà importante per la progettazione del componente e la definizione di carichi tipici a cui è sottoposto;</li><li>-realizzazione di materiale: si realizzeranno operativamente campioni sui quali eseguire i primi test e calibrare le tecniche e i sensori, si definiranno i setup sui campioni e le procedure di analisi dei dati;</li><li>-assemblaggio e realizzazione di prototipo: si realizzerà il prototipo e il sistema di ispezione, si definiranno setup di ispezione;</li><li>- attività di testing tradizionale : si eseguiranno attività di testing volti verificare procedure individuate nelle prove sui campioni.</li></ul>
c. Durata di permanenza in impresa del dottorando titolare della borsa aggiuntiva PON (minimo 6 mesi, massimo 18)	6 mesi
<b>d. 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>I risultati attesi riguarderanno la possibilità di pervenire ad uno sfruttamento corretto dei materiali per il settore aeronautico grazie al monitoraggio dello stato di integrità e quindi di poter utilizzare efficacemente il componente per la vita utile stimata, e poi la promozione di nuove metodologie di ispezione per determinare lo stato strutturale del componente. Inoltre, si potranno fornire linee guida progettuali per i processi di produzione fortemente orientati alla circolarità e si considererà già in fase di progettazione l'implementazione di tecnologie di repair e il</p>

riciclo intelligente dei prodotti giunti a fine vita. Ciò consentirà anche di sviluppare processi di progettazione e produzione basati su analisi ciclo di vita end-to-end per prodotto, tutto ciò in accordo con gli obiettivi di aumentare la sostenibilità del processo produttivo e l'industria in fatto di componenti strutturali del velivolo. Il miglioramento del tasso di recupero dei materiali è un target quantificabile che consentirà di ottenere come risultato la maggiore sostenibilità del processo produttivo di componenti aeronautici ma anche di diffondere nell'industria nuove tecniche di monitoraggio della salute strutturale dei componenti focalizzate sull'ispezione, aumentare la consapevolezza e la conoscenza sulla riparazione dei prodotti e in generale favorire l'upgrade dei componenti esistenti mediante componenti intelligenti che ne monitorano lo stato di danneggiamento e degradazione.

Concretamente, un altro risultato misurabile è lo sviluppo di prototipi di metodi non distruttivi per il monitoraggio dell'integrità strutturale (NDT-SHM) di componenti aeronautici intelligenti, tale risultato contribuirà ad ottenere un altro target quantificabile dato dalla possibilità di ridurre il peso delle strutture aumentando il payload. Un altro risultato atteso è la diffusione della conoscenza e la formazione universitaria e aziendale sull'uso dei sensori intrinseci e non, per monitorare la salute strutturale del componente, tema che ha un impatto notevole non solo sull'industria produttrice ma anche in generale su industrie ad essa legate. In tal senso il target quantificabile è dato dalla possibilità di aumentare la vita utile di manufatti ad alto valore aggiunto di qualche anno e ridurre l'incidenza dei costi di manutenzione di diversi punti percentuali.

Risulterà da questo progetto anche la nascita di nuove figure professionali, tecnici specializzati nei controlli con materiali intelligenti e ciò produrrà ricadute occupazionali notevoli nell'industria produttrice di manufatti come anche nell'indotto.

Le presenti attività sono volte ad esaltare le capacità tecnologiche e industriali del tessuto industriale locale rispetto alla concorrenza sfruttando l'innovazione in una visione ampia di sostenibilità che coniughi la riduzione

## BORSA N. 25

	dell'impatto ambientale con il benessere e lo sviluppo di tecnologie green ed intelligenti nel trasporto aereo del futuro.
<b>C. ATTIVITA' ALL'ESTERO (eventuale)</b>	
a. Attività di ricerca da svolgere all'estero	<p>L'attività da svolgere presso l'Università estera sarà focalizzata sulla caratterizzazione del materiale base e del materiale con sensori con il fine di caratterizzarli meccanicamente, studiare l'influenza sulle proprietà meccaniche dei sensori e valutare l'impatto della presenza dei sensori sulle caratteristiche meccaniche in generale. La caratterizzazione avverrà sia con procedure tradizionali sia con procedure innovative rapide come quelle basate sulla termografia. Inoltre i test di caratterizzazione saranno assistiti da tecniche sperimentali in grado di fornire informazioni complementari per lo studio e la caratterizzazione del danneggiamento. I test da eseguire riguarderanno prove statiche e cicliche di caratterizzazione del comportamento a fatica e frattura.</p> <p>L'obiettivo della collaborazione con l'ateneo estero è di studiare il comportamento a fatica e la meccanica della frattura è anche quello di valutare il comportamento dei suddetti materiali intagliati mediante l'uso di metodi energetici basati su approcci locali come quello volto alla misura della densità di energia di deformazione, e basati su tecniche termografiche a campo intero volte all'analisi termoelastica delle sollecitazioni e allo studio delle sorgenti dissipative intrinseche.</p> <p>Per quanto riguarda la caratterizzazione a fatica, le analisi verranno affrontate anche dal punto di vista probabilistico ai fini di migliorare l'interpretazione statistica dei dati.</p> <p>Riguardo la meccanica della frattura si studieranno metodologie per separare il contributo elastico e plastico al 'J-integral' e metodologie per l'ottenimento dell'area plastica all'apice della cricca e il contributo energetico all'apice della cricca.</p> <p>L'attività da svolgere sarà focalizzata sulla caratterizzazione del materiale base e del materiale con sensori con il fine di caratterizzarli meccanicamente, studiare l'influenza sulle proprietà meccaniche dei sensori e valutare</p>

l'impatto della presenza dei sensori sulle caratteristiche meccaniche in generale. La caratterizzazione avverrà sia con procedure tradizionali sia con procedure innovative rapide come quelle basate sulla termografia. Inoltre i test di caratterizzazione saranno assistiti da tecniche sperimentali in grado di fornire informazioni complementari per lo studio e la caratterizzazione del danneggiamento. I test da eseguire riguarderanno prove statiche e cicliche di caratterizzazione del comportamento a fatica e frattura.

L'obiettivo della collaborazione è di studiare il comportamento a fatica e la meccanica della frattura è anche quello di valutare il comportamento dei suddetti materiali intagliati mediante l'uso di metodi energetici basati su approcci locali come quello volto alla misura della densità di energia di deformazione, e basati su tecniche termografiche a campo intero volte all'analisi termoelastica delle sollecitazioni e allo studio delle sorgenti dissipative intrinseche.

Per quanto riguarda la caratterizzazione a fatica, le analisi verranno affrontate anche dal punto di vista probabilistico ai fini di migliorare l'interpretazione statistica dei dati.

Riguardo la meccanica della frattura si studieranno metodologie per separare il contributo elastico e plastico al 'J-integral' e metodologie per l'ottenimento dell'area plastica all'apice della cricca e il contributo energetico all'apice della cricca.

L'ateneo estero e in particolare il dipartimento di meccanica e ingegneria industriale vanta grande esperienza nella caratterizzazione delle proprietà fisiche e meccaniche di metalli tradizionali e innovativi (principalmente leghe di alluminio, magnesio e titanio) con particolare attenzione ai problemi multiscala legati a danneggiamenti e degradi dovuti a carichi in servizio, delle proprietà fisiche e meccaniche dei metalli di fabbricazione additiva (es. titanio Ti6Al4V) attraverso approcci locali per la progettazione a fatica e a frattura di materiali metallici a cui si lega la fondamentale esperienza nella caratterizzazione SEM/TEM dell'innescò e propagazione di cricche nei materiali.

Le attività possono essere riassunte in tale maniera:

## BORSA N. 25

	<ul style="list-style-type: none"><li>• Scelta del materiale e progettazione dei campioni di prova e definizione della campagna prove. La scelta del materiale deriva dalle attività svolte di concerto con l'azienda;</li><li>• Definizione di procedure di prova e setup sul materiale;</li><li>• Testing e analisi dei risultati. In particolare, l'analisi dei risultati prevedrà la definizione di algoritmi intelligenti di analisi basate sulla caratterizzazione automatica del danneggiamento;</li><li>• Testing del componente e verifica delle procedure di prova e analisi sullo stesso.</li></ul>
--	--

Il docente proponente  
Umberto Galietti