DIPARTIMENTO DI
INGEGNERIA ELETTRICA
E DELL'INFORMAZIONE

# Piano Culturale

del

## Dipartimento di ingegneria Elettrica e dell'Informazione del Politecnico di Bari

Politecnico
di Bari

# Sommario


*I. LA VISION DEL DIPARTIMENTO ..... 3*

**I.1. Il dipartimento in breve ..... 3**

**I.2. La visione per la ricerca / rif. R4.B.1 / ..... 3**

**I.3. La visione per la terza missione / rif. R4.B.1 / ..... 5**

**I.3.1. Laboratori pubblico-privati del DEI ..... 6**

**I.3.2. Società spin-off del DEI ..... 6**

**I.3.3. Brevetti del DEI ..... 7**

**I.3.4. Conto terzi del DEI ..... 8**

**I.3.5. Progetti competitivi nazionali e internazionali del DEI ..... 10**

*II. PROGRAMMA ATTUATIVO DEL PIANO CULTURALE ..... 15*

**II.1. Le risorse disponibili ..... 15**

**II.1.1. Dotazione di personale e infrastrutture / rif. R4.B.4 / ..... 15**

II.1.1.1. Dotazione personale docente ..... 17

II.1.1.2. Dotazione personale tecnico amministrativo ..... 17

**II.1.2. Il sistema organizzativo / rif. R4.B.4 e R4.B.4 / ..... 17**

**II.2. Programmazione attuativa – Ricerca ..... 19**

**II.2.1. Analisi della situazione pregressa / rif. R4.B.2 / ..... 19**

II.2.1.1. Laboratori di ricerca ..... 19

II.2.1.2. Gruppi di ricerca ..... 21

II.2.1.2.1. La ricerca nel settore ING-IND/31 – Elettrotecnica ..... 21

II.2.1.2.2. La ricerca nel settore ING-IND/32 – Convertitori, Macchine e Azionamenti Elettrici ..... 23

II.2.1.2.3. La ricerca nel settore ING-IND/33 – Sistemi Elettrici per l'Energia ..... 24

II.2.1.2.4. La ricerca nel settore ING-INF/01 – Elettronica ..... 27

II.2.1.2.5. La ricerca nel settore ING-INF/02 – Campi Elettromagnetici ..... 33

II.2.1.2.6. La ricerca nel settore ING-INF/03 – Telecomunicazioni ..... 36

II.2.1.2.7. La ricerca nel settore ING-INF/04 – Automatica ..... 39

II.2.1.2.8. La ricerca nel settore ING-INF/05 – Sistemi di Elaborazione delle Informazioni ..... 44

II.2.1.2.9. La ricerca nel settore ING-INF/06 – Bioingegneria Elettronica e Informatica ..... 45

II.2.1.2.10. La ricerca nel settore ING-INF/07 – Misure Elettriche e Elettroniche ..... 46

II.2.1.2.11. La ricerca nel settore MAT-08 – Analisi Numerica ..... 49

II.2.1.3. Dottorato di ricerca ..... 49

II.2.1.4. Sistema di gestione, monitoraggio e valutazione della ricerca ..... 50

II.2.1.5. Analisi delle performance di ricerca ..... 51

**II.2.2. Programmazione operativa 2018-2019 / rif. R4.B.1 / ..... 54**

II.2.2.1. Azioni per il miglioramento della ricerca dipartimentale ..... 55

**II.3. Programmazione attuativa – Terza missione ..... 56**

**II.3.1. Analisi della situazione pregressa / rif. R4.B.2 / ..... 56**

**II.3.2. Programmazione operativa 2018-2019 / rif. R4.B.1 / ..... 56**

II.3.2.1. Azioni per il miglioramento della terza missione ..... 57

*III. Riferimenti documentali ..... 58*

# I. LA VISION DEL DIPARTIMENTO

## I.1. Il dipartimento in breve

Il Dipartimento di ingegneria Elettrica e dell'Informazione (DEI) (http://dei.poliba.it/), in accordo con lo Statuto del Politecnico di Bari e con le competenze ad esso demandate in applicazione della legge di riforma dell'Università (legge 240/2010), si propone come struttura del Politecnico di Bari con lo scopo istituzionale di promuovere, coordinare e gestire tutte le attività di ricerca scientifica, didattiche e formative, nonché quelle di servizio al territorio e di trasferimento tecnologico, nei settori dell'Ingegneria Elettrica e dell'Ingegneria dell'Informazione, nonché della matematica applicata.

Le attività del Dipartimento costituiscono il naturale proseguimento e ammodernamento di quelle del preesistente Dipartimento di Elettrotecnica ed Elettronica (DEE). Costituito nel luglio 1982, il DEE è stato il secondo dipartimento istituito nell'Università di Bari, ed il primo e per molti anni l'unico dipartimento della Facoltà di Ingegneria.
Il DEI ha anche attivamente collaborato alla istituzione e alla crescita delle attività didattiche e di ricerca della sede di Taranto, dove si è fatto promotore della costituzione del centro interdipartimentale "Magna Grecia".

Il DEI oggi eroga quattro corsi di laurea triennale e cinque corsi di laurea magistrale che coprono i settori dell'ingegneria automatica, elettrica, elettronica, informatica, medicale e delle telecomunicazioni. Il numero di immatricolati negli ultimi tre anni è stato in media pari a 748, mentre nell'ultimo anno (A.A. 2017-18) è stato di 848 studenti. Il numero medio di laureati triennali è stato 230 e magistrali 120, mentre nell'ultimo anno sono stati 330 in totale. L'offerta formativa è completata da un corso di Dottorato di Ricerca, il Dottorato di Ricerca in Ingegneria Elettrica e dell'Informazione (DRIEI).

Nel seguito si dettaglia l'offerta formativa del DEI, composta come segue.
Quattro corsi di laurea triennale:

- Ingegneria Elettrica
- Ingegneria Elettronica e delle Telecomunicazioni
- Ingegneria Informatica e dell'Automazione
- Ingegneria dei Sistemi Medicali.

Cinque corsi di laurea magistrale:

- Ingegneria dell'Automazione
- Ingegneria Elettrica
- Ingegneria Elettronica
- Ingegneria Informatica
- Ingegneria delle Telecomunicazioni.

Un corso di Dottorato di Ricerca.

## I.2. La visione per la ricerca / rif. R4.B.1 /

In linea con gli obiettivi generali dello Statuto del Politecnico di Bari di "organizzazione e promozione dell'istruzione superiore e della ricerca, nonché elaborazione e trasferimento delle conoscenze

scientifiche e tecnologiche", il DEI, come da richiamato Statuto, "promuove e coordina le attività di ricerca, garantendo a tutti gli afferenti l'utilizzo delle risorse, fatti salvi l'autonomia dei singoli docenti e il loro diritto di accedere direttamente ai finanziamenti per la ricerca". Il Dipartimento svolge attività di ricerca di livello internazionale da alcuni decenni. Nel 2010, su richiesta della CRUI, il Politecnico ha identificato 10 Aree di ricerca di eccellenza e, tra queste, ve ne sono alcune che fanno capo, in tutto o in parte, al Dipartimento: Meccatronica e Automazione, Produzione e conversione dell'energia, Sensori e sistemi di sensori, Sistemi di produzione distribuiti a fonti rinnovabili, ICT per l'innovazione nelle imprese e nella Pubblica amministrazione.

In coerenza e in evoluzione con le passate attività di ricerca del Dipartimento, si ritiene che gli obiettivi strategici del presente piano triennale del Dipartimento debbano essere aggiornati come segue. Per quanto attiene il triennio 2020-2022 il DEI, nel pieno rispetto di una consolidata multidisciplinarietà degli apporti scientifici dei suoi docenti, in maniera preponderante ma non esclusiva operanti nei SSD afferenti all'Area CUN 09 "Ingegneria Industriale e dell'Informazione", intende in generale indirizzare l'attività scientifica dei gruppi verso i grandi temi della sostenibilità, dell'innovazione e della competitività dei sistemi produttivi, aziendali e delle istituzioni, in linea con l'Agenda 2030 delle Nazioni Unite che punta ad una crescita economica duratura, inclusiva e sostenibile e con la Strategia Europea 2020 che spinge la ricerca scientifica a contribuire alla costruzione di una società inclusiva e sostenibile in cui tutti possano avere un lavoro dignitoso. Nell'azione di programmazione il Dipartimento intende indirizzare la ricerca verso contenuti decisamente innovativi, in un'ottica quanto più possibile internazionale e multidisciplinare. Ciascun ambito sarà declinato attraverso una varietà di contributi e tematiche che ammettono una pluralità di approcci metodologici.

Più in dettaglio, tenuto conto delle attività di ricerca e trasferimento tecnologico dipartimentali, nonché di quella didattica, il DEI intende diventare un solido punto di riferimento della ricerca teorica e sperimentale a livello internazionale, in particolare nella grande regione europea e mediterranea nei seguenti ambiti:

- Cyberphysical systems, embedded computing e embedded control.
- Cybersecurity e privacy (blockchain, trust assessment).
- Energia (smart grid, e-mobility, energy storage).
- Fotonica, optoelettronica, ottica integrata e plasmonica.
- Industria 4.0 (fabbrica intelligente, smart manufacturing).
- Ingegneria biomedicale e bioingegneria (nano-communications, sensoristica indossabile, elaborazioni di dati e immagini per la diagnostica e la terapia, in-silico bioelectromagnetics and nano-dosimetry, quantum electromagnetics and information technology, biosensoristica fotonica e plasmonica per la diagnosi precoce e lo sviluppo di nuovi farmaci).
- Innovazione e trasformazione digitale (internet of things, big data, 5G, intelligenza artificiale, cloud/edge/fog/mobile computing).
- Logistica e sistemi di trasporto (ICT for smart logistics, intelligent transportation systems).
- Meccatronica (automazione e sicurezza industriale, domotica, prototipazione di dispositivi e sistemi).
- Micro e nanoelettronica.
- Spintronica e magnonica.
- Robotica (antropomorfa, collaborativa, mobile, sistemi autonomi).

## I.3. La visione per la terza missione / rif. R4.B.1 /

Il Dipartimento promuove attività di trasferimento tecnologico e valorizzazione della ricerca attraverso la stipula di accordi di collaborazione tra aziende, sia del territorio che nazionali ed internazionali, e il DEI, mediante attività di consulenza e know-how transfer che vengono stipulate anche attraverso contratti di conto terzi.

Al contempo, il DEI promuove attività di Public Engagement, cioè attività senza scopo di lucro e con valore educativo, culturale e di sviluppo della società, che vengono svolte con diversi livelli di coinvolgimento: dalla iniziativa individuale libera, ad attività previste a livello di progetti di ricerca, fino ad attività istituzionali.

Tutte le attività si inseriscono in un contesto che vede la Regione Puglia, anche con l'intermediazione di diverse agenzie per lo sviluppo e l'innovazione (ARTI, Distretti tecnologici, ecc.) favorire reti di collaborazione tra Università, Istituzioni ed Imprese mettendo in campo azioni e servizi a sostegno della diffusione dell'innovazione.

Nel confrontarsi continuamente con il mondo imprenditoriale e interpretando le aspettative e le esigenze del territorio, il DEI progetta e aggiorna i propri corsi di studio in modo da formare figure professionali moderne e di alto livello da collocare in ambito nazionale ed internazionale e in grado di essere protagonisti del trasferimento delle nuove conoscenze e delle nuove tecnologie acquisite durante gli studi.

Un primo atto che va in questa direzione è l'istituzione di un tavolo di Ascolto delle Parti Interessate (API) che si concretizza nelle procedure di progettazione e aggiornamento dei Corsi di Studio del DEI. Inoltre, è anche fondamentale l'istituzione di tirocini e tesi di laurea in aziende ed enti convenzionati con il DEI, durante i quali si realizza un travaso virtuoso di conoscenze da e verso il Politecnico. La cospicua attività di ricerca e di trasferimento tecnologico evidenzia il ruolo sociale del Politecnico e in particolare del DEI nella realtà territoriale pugliese e nazionale.

Per quanto riguarda la gestione della proprietà industriale, il DEI usufruisce della struttura di Ateneo Industrial Liaison Office (ILO), che promuove attività tese a valorizzare il capitale della conoscenza attraverso il monitoraggio della domanda e dell'offerta di innovazione con lo scopo di far emergere i bisogni di tecnologia delle imprese. Mission strategica dell'ufficio è l'acquisizione di un portafoglio di tecnologie proprietarie da veicolare in funzione dell'interesse delle imprese. A tal fine, si avvale della Commissione Brevetti, composta da quattro docenti dell'Ateneo, che svolge attività di valutazione e supporto dei processi di brevettazione.

Riassumendo, il DEI esercita l'attività di Terza Missione principalmente attraverso:

- Laboratori pubblico-privati
- Società spin-off
- Brevetti
- Conto terzi
- Progetti competitivi nazionali e internazionali

come meglio dettagliato nelle sottosezioni che seguono.

### I.3.1. Laboratori pubblico-privati del DEI

Alcune attività di ricerca del DEI si sviluppano presso importanti laboratori pubblico-privati. Si tratta di laboratori integrati multidisciplinari che svolgono ricerca, sviluppo tecnologico e innovazione con prestigiosi partner aziendali. Gli studenti, i ricercatori e i professori del DEI collaborano con imprese tramite i corrispondenti laboratori pubblico-privati, tutti afferenti al DEI e con responsabilità scientifica di docenti del Dipartimento, quali:

- Avio Aero con il laboratorio Energy Factory per l'aerospazio e l'energia.
- Arol per applicazioni dei sistemi cyber fisici nell'Industria 4.0.
- Bosch per il laboratorio MET sulla mobilità sostenibile, con applicazioni dall'automazione all'informatica, dai sistemi elettrici al powertrain.
- Casillo con il laboratorio Casillo Innovation for Mills sulla trasformazione 4.0 dell'industria della lavorazione del grano.
- Exprivia per lo sviluppo di soluzioni tecnologiche in ambito Big Data, Internet of Things, Intelligenza artificiale e Machine Learning.
- Fincons Group per l'applicazione di soluzioni Internet of Things, Big Data analytics e sistemi predittivi a vari settori produttivi e allo smart manufacturing.
- Masmec per il progetto sulla navigazione chirurgica non invasiva.
- Transpod, per lo sviluppo di soluzioni tecnologiche di trasporto supersonico tra città metropolitane.

A questa lista si aggiunge un laboratorio afferente al Dipartimento Interateneo di Fisica alle cui attività collaborano docenti del DEI:

- Thorlabs, per lo sviluppo di sensori ottici di gas innovativi per applicazioni industriali, biomediche, ambientali e di sicurezza.

### I.3.2. Società spin-off del DEI

Oltre alle attività di ricerca e di trasferimento tecnologico alle imprese svolte dai vari gruppi di ricerca di settori scientifico-disciplinari partecipanti alle attività del DEI, nel Dipartimento sono presenti 7 spin-off del Politecnico di Bari con diretta relazione con il territorio, le cui attività sono dettagliate nel richiamato catalogo della ricerca del Politecnico di Bari (http://www.poliba.it/sites/default/files/catalogo_-_definitivo_a5_144pp.pdf):

- AP-IS - APULIA-INTELLIGENT SYSTEM S.R.L.
- APULIAN BIOENGINEERING S.R.L.
- AUTOLOGS - AUTOMATION IN LOGISTICS AND SERVICE SYSTEMS S.R.L.
- BEST - BARI ELECTRONIC SYSTEMS FOR TELECOMMUNICATIONS S.R.L.
- INNOLAB S.R.L.
- MICROLABEN S.R.L.
- QUAVLIVE S.R.L.
- WIDEVERSE S.R.L.S.

### I.3.3. Brevetti del DEI

I docenti del DEI sono anche autori di numerosi brevetti, elencati nella successiva Tabella 1.

*Tab. 1. Brevetti aventi tra gli autori docenti del DEI.*

| TITOLO | AUTORI | ANNO | NUMERO | STATO |
|---|---|---|---|---|
| Method and system for scheduling resources for streaming wide services in mobile communication networks | G. Boggia, P. Camarda, M. Caretti, R. Fantini, L.A. Grieco, B. Melis, G. Piro | 2016 | PCT International Application No. PCT/EP2016/082708 | Depositato (PCT pending) |
| Method and system for providing variable quality streaming video services in mobile communication networks | G. Boggia, P. Camarda, M. Caretti, R. Fantini, L.A. Grieco, B. Melis, G. Piro | 2016 | PCT International Application No. PCT/EP2016/082709 | Depositato (PCT pending) |
| Method and system for dynamic rate adaptation of a stream of multimedia contents in a wireless communication network | G. Boggia, P. Camarda, M. Caretti, R. Fantini, L.A. Grieco, B. Melis, G. Piro | 2014 | PCT International Application No. PCT/EP2014/079164 | Depositato (CN/PCT/US pending) |
| Optically transparent microwave polarizer based on quasi-metallic graphene | M. Grande, G. Bianco, M.A. Vincenti, D. Deceglia, P. Capezzuto, M. Scalora, A. D'Orazio, G. Bruno | 2017 | 15/717391. Pub date 04/05/2018, Filing date 09/27/2017 | Depositato US |
| Metodo per aumentare l'efficienza di scrittura in nanodispositivi MRAM | P. Burrascano, M. Carpentieri, M. Ricci | 2011 | TR2011A000001 del 18.02.2011 Ministero dello Sviluppo Economico, brevetto N. 0001406955 del 14.03.2014 | Concesso IT |
| Metodo e relativo apparato per il controllo non distruttivo di materiali conduttori | P. Burrascano, M. Carpentieri, M. Ricci. | 2007 | Brevetto numero: MI2007A000381 del 27.02.2007 | Concesso IT |
| A system for determining the location of mobile units in a warehouse and a warehouse provided with such system | P. Ruggiero Ruggieri, G. Avitabile | | PCT online filing. Version 3.5.000.256e MT/FOP 20141031/0.20.5.20 | Depositato |
| Dispositivo per il controllo automatico dell'invecchiamento di modulo fotovoltaico e del suo trend | S. Vergura | 2013 | Brevetto N. 0001400644/2013 | Concesso IT |
| Optical Rotation sensor as well as method of manufacturing an optical rotation sensor | C. Ciminelli, C.E. Campanella, M.N. Armenise | 2013 | European Patent Application PCT/EP2013/056933, filed April 2013, Publication No. WO/2014/161565, October 2014; patent No.: US 9,863,771 B2, issued January 2018. | Concesso EU, Concesso USngs |
| Method for testing analog-to-digital converters | D. De Venuto, L. Reyneri | 2007 | International Patent H03M1/10 WO2007009912 (A1) | Depositato |

| TITOLO | AUTORI | ANNO | NUMERO | STATO |
|---|---|---|---|---|
| Multimedia System With Human-Machine Interface For Advanced Bartending Activity | A. Pascazio, A. Notarnicola, V. Bevilacqua | 2016 | Pub. No.:WO/2018/047204 International Application No.: PCT/IT2016/000205 Publication Date: 15.03.2018 | Depositato |
| Method For The Design And Engineering Of Oligonucleotides | Paradiso, S. Tommasi, F. Menolascina, A. Monaco, V. Bevilacqua, G. Mastronardi | 2007 | Pub. No.: WO/2009/063270 International Application No.: PCT/IB2007/054589 Publication Date: 22.05.2009 | Depositato |
| Metodo e sistema per l'individuazione e l'inseguimento di elementi di superficie corporea umana in una sequenza video | V. Bevilacqua, D. Daleno, G. Fortuna, G. Mastronardi | 2006 | N. Brevetto: 0001372123, Data di pubblicazione: 22.03.2008 | Concesso |
| Sistema Universale di Monitoraggio delle Attività Vitali Umane e Dispositivi Dedicati | A. Giorgio, A. G. Perri, A. Convertino, R. Diana, F. Loiacono | 2009 | Brevetto numero 0001354840 | Concesso IT |
| Sistema non invasivo di monitoraggio delle funzionalità dell'apparato respiratorio | A. Giorgio, A. G. Perri, A. Convertino | 2009 | Brevetto numero 0001363960 | Concesso IT |
| Integrated optical angular velocity sensor | M.N. Armenise, M. Armenise, V.M.N. Passaro, F. De Leonardis | 2000 | European Patent Office, n. EP1219926 B1, pubblicato il 20/10/2010 | Concesso |
| Dual Grating Assisted Optical Coupler | V.M.N. Passaro, G. Masanovic, G.T. Reed | 2002 | UK Patent Office, n. WO2004057395 A1, pubblicato l'8/7/2004 | Concesso |
| Method and Apparatus for Tuning a Filter | A. Di Giandomenico, F. Corsi, G. Matarrese, C. Marzocca, A. Baschirotto, S. D'Amico | 2005 | United States Patent no. 6,965,275 B2 | Concesso |

## I.3.4. Conto terzi del DEI

Sono state attivate nell'ultimo triennio le prestazioni di servizi conto terzi indicate nella lista non esaustiva in Tabella 2.

*Tab. 2. Prestazioni conto terzi di cui sono responsabili docenti del DEI.*

| STIPULA | COMMITTENTE | OGGETTO | PROPONENTE |
|---|---|---|---|
| 21/01/2016 | Ge Avio s.r.l. | Caratterizzazione sperimentale di una macchina elettrica ad alta velocità | Prof. F. Cupertino |
| 15/04/2016 | Ge Avio s.r.l. | Mappa caratteristica della macchina elettrica validazione degli algoritmi di controllo | Prof. F. Cupertino |
| 26/04/2016 | Ge Avio s.r.l. | Accessori e sensori per motori aeronautici | Prof. V. G. Monopoli |
| 01/07/2016 | Redwing Technologies s.r.l. | Progettazione di un sistema automatico di ispezionamento multisensoriale per il monitoraggio di campi da golf | Prof. C. Guaragnella |

| STIPULA | COMMITTENTE | OGGETTO | PROPONENTE |
|---|---|---|---|
| 11/07/2016 | Confindustria Brindisi | Smart Industrial Grid - Studio per la creazione di uno smart industrial Energy District nel polo industriale di Brindisi | Prof. M. La Scala |
| 07/11/2016 | Terna s.p.a. | Consulenza finalizzata allo sviluppo di una procedura di calcolo dei fattori di sensibilità linerari di un sistema di trasmissione dell'energia elettrica, volta allo sviluppo dell'analisi di sicurezza statica | Prof. M. A. Trovato |
| 19/05/2017 | Exprivia Healthcare IT s.r.l. | Progettazione di un sistema wireless e wearable basato su EMG per la rilevazione degli indici di problemi circolatori conseguenti l'obesità e trasferimento degli stessi alla piattaforma di monitoraggio realizzata da Exprivia Healthcare IT s.r.l. | Prof. D. De Venuto |
| 06/06/2017 | Cooperativa EDP La Traccia | Modello algoritmico innovativo e predittivo di progressione nella malattia genetica policistica dominante (ADPKD) | Prof. V. Bevilacqua |
| 16/06/2017 | SLAC | Collaboration on the development of a Time-of-Fight (TOF) | Prof. C. Marzocca |
| 30/06/2017 | Comau s.p.a. | Sviluppo software per la visione artificiale | Prof. V. Bevilacqua |
| 10/07/2017 | Ge Avio s.r.l. | Protocolli di comunicazione per sistemi di calcolo distribuito in ambiente avionico | Prof. L.A. Grieco |
| 28/05/2018 | Software Design s.r.l. | Studio di sistemi e algoritmi di radiolocalizzazione per lo smart retail | Prof. L. A. Grieco |
| 28/05/2018 | Neetra s.r.l. | Analisi delle metodologie e tecnologie di telecomunicazione abilitanti un sistema cyber-fisico e Studio e definizione di un middleware de-verticalizzante per applicazioni IoTeM2M | Prof. L. A. Grieco |
| 28/05/2018 | Software Design s.r.l. | Analisi dei metodi e delle tecniche di raccomandazione nell'ambito di un punto vendita alimentare | Prof. T. Di Noia |
| 28/05/2018 | Carelli s.r.l. | Definizione del modello di rappresentazione del carrello della spesa e Costruzione del dataset del punto vendita | Prof. T. Di Noia |
| 12/07/2018 | Mermec s.p.a. | Esecuzione dei seguenti servizi di Ricerca:<br>- Tool per la fruizione dei dati di ricostruzione 3D della sede ferroviaria<br>- Classificatore Immagini basato su Deep Learning | Prof. V. Bevilacqua |
| 8/6/2018 | ARPA Puglia | Convenzione di consulenza tecnico-scientifica tra Politecnico di Bari, ARPA Puglia e Università degli Studi di Bari per parere su questioni di efficienza energetica negli edifici. | Prof. M. La Scala |
| 2018 | InnovaPuglia s.p.a. | Potenziamento e implementazione della Digital Library per la valorizzazione e fruizione della Mediateca Regionale | Prof. T. Di Noia |
| 14/01/2019 | Masmec s.p.a. | Algoritmi di fusione per imaging diagnostico intraoperatorio real-time | Prof. V. Bevilacqua |
| 04/03/2019 | Comau s.p.a. | Sistema di Analisi Termografica | Prof. V. Bevilacqua |

## I.3.5. Progetti competitivi nazionali e internazionali del DEI

Nell'ultimo triennio i docenti del DEI sono stati coinvolti con responsabilità scientifiche a vario titolo in numerosi progetti competitivi di ricerca scientifica finanziati da organismi internazionali o nazionali, elencati nella lista non esaustiva in Tabella 3.

*Tab. 3. Progetti competitivi nazionali e internazionali di ricerca scientifica finanziati di cui sono responsabili docenti del DEI.*

| ENTE FINANZIATORE E BANDO | NOME DEL PROGETTO DI RICERCA | INIZIO | FINE | RESPONSABILE DEL DEI | IMPORTO DEL PROGETTO (QUOTA POLIBA) [€] |
|---|---|---|---|---|---|
| **PROGETTI INTERNAZIONALI** | | | | | |
| Commissione Europea FP7 - CIP-ICT-PSP-2013-7 | CO-GISTICS - COoperative loGISTICS for sustainable mobility of goods | 01/01/2014 | 01/06/2017 | Prof. M.P. Fanti | 81.900,00 |
| Commissione Europea H2020-MG-2014_TwoStages | BONVOYAGE - From Bilbao to Oslo, intermodal mobility solutions and interfaces for people and goods, supported by an innovative communication network | 01/05/2015 | 30/04/2018 | Prof. L.A. Grieco | 150.000,00 |
| Commissione Europea H2020-ICT-2014-2 | FANTASTIC-5G - Flexible Air iNTerfAce for Scalable service delivery wiThin wIreless Communication networks of the 5th Generation | 01/07/2015 | 31/06/2017 | Prof. G. Boggia | 98.750,00 |
| Commissione Europea Galileo 2015-2016 | DE-VERTICALIZED M2M PLATFORM FOR SMART BUILDING APPLICATIONS | 01/01/2016 | 31/12/2016 | Prof. L.A Grieco | 3.600,00 |
| Commissione Europea H2020-MG-2014-2015/H2020-MG-2015_TwoStages | AEOLIX, Architecture for EurOpean Logistics Information eXchange | 01/09/2016 | 31/08/2019 | Prof. M.P. Fanti | 206.562,50 |
| Commissione Europea H2020-GV-2014-2015/H2020-GV-2015 | OptiTruck, optimal fuel consumption with Predictive PowerTrain control and calibration for intelligent Truck | 01/09/2016 | 31/08/2019 | Prof. M.P. Fanti | 184.375,00 |
| Commissione Europea H2020-GV-2014-2015/H2020-GV-2015 | NeMo, Hyper-Network for electroMobility | 01/10/2016 | 31/09/2019 | Prof. M.P. Fanti | 66.562,50 |
| Commissione Europea H2020-ECSEL-2016-1-RIA-two-stage | CONNECT - Innovative smart components, modules and appliances for a truly connected, efficient and secure smart grid | 01/04/2017 | 30/03/2020 | Prof. M. Trovato | 800.000,00 |
| Commissione Europea H2020-LCE-04-2017 | OSMOSE- Optimal System with a Mix Of flexibility Solutions for Europe | 01/01/2018 | 31/12/2021 | Prof. M. La Scala | 35.000,00 |
| Commissione Europea H2020-GV-2016-2017/H2020-GV-2017 | ELVITEN - Electrified L-category Vehicles Integrated | 01/11/2017 | 31/10/2020 | Prof. M.P. Fanti | 495.037,50 |

| ENTE FINANZIATORE E BANDO | NOME DEL PROGETTO DI RICERCA | INIZIO | FINE | RESPONSABILE DEL DEI | IMPORTO DEL PROGETTO (QUOTA POLIBA) [€] |
|---|---|---|---|---|---|
| | into Transport and Electricity Networks' | | | | |
| Commissione Europea 7FP/ Space 2012-1 | MERMIG-Modular CMOS photonic integrated micro-gyroscope | 01/11/2012 | 31/12/2016 | Prof. V. Passaro | 163.581,79 |
| Commissione Europea SDF Standard Progetti INTERREG | FUTURE 4.0 - ManuFactUring educaTion and training governance model for IndUstry 4.0 in the Adriatic-Ionian aREa | 01/01/2018 | 31/12/2019 | Prof. M.P. Fanti | 95.985,00 |
| Commissione Europea INTERREG Italia-Grecia | ARGES | 01/10/2013 | 31/12/2015 | Prof. E. Di Sciascio | 400.000,00 |
| Commissione Europea Programmi Quadro H2020 | Cost Action CA 15225 - Fractional-order systems: analysis, synthesis and their importance for future design "Fractal" | 03/10/2016 | 02/10/2020 | Prof. G. Maione | N.D. |
| **PROGETTI NAZIONALI** | | | | | |
| MIUR SDF Standard PON RI 2014/2020 | AMICO - Assistenza Medicale In COntextual awareness | 01/04/2018 | 31/03/2021 | Prof. D. De Venuto | 500.594,68 |
| MIUR Progetti Ricerca PON 2007-2013 | ASMARA SOFTWARE DEVELOPMENT | 01/01/2014 | 30/06/2019 | Prof. M.P. Fanti, Prof. E. Di Sciascio | 532.355,45 |
| MIUR Progetti Ricerca PON 2007-2013 | ASMARA SOFTWARE DEVELOPMENT – Formazione | 01/01/2014 | 31/12/2017 | Prof. M.P. Fanti | 9.800,00 |
| MIUR Progetti Ricerca PON 2007-2013 | MEL-Marine Energy Laboratory -Ricerca e sviluppo di sistemi per la produzione efficiente, accumulo e trasmissione di energia elettrica in ambiente marino | 01/01/2014 | 31/12/2017 | Prof. F. Cupertino, Prof. M. Dicorato | 560.000,00 |
| MISE - CCSE Ricerca di Sistema | METERGLOB - Contributo delle masse estranee estese alla "rete di terra globale" | 01/08/2011 | 31/07/2015 | Prof. G. Cafaro | 259.000,00 |
| MISE Programma RIDITT | CESAR | 04/04/2012 | 31/12/2017 | Prof. D. De Venuto | 940.000,00 |
| MIUR SDF Standard PON RI 2014/2020 | FURTHER - FUture Rivoluzionarie Tecnologie per velivoli più Elettrici | 01/07/2018 | 30/06/2021 | Prof. F. Cupertino | 3.043.135,00 |
| MIUR | DESIGN, OPTIMIZATION AND EXPERIMENTAL VERIFICATION OF ADVANCED ENGINEERING COMPONENTS | 01/09/2013 | 31/12/2016 | Prof. P. Camarda | 14.017,57 |
| MISE | Progetto di ricerca con Enel | 01/01/2011 | 22/03/2017 | Prof. G. Cafaro | 26.002,69 |
| MIUR PON RI 2014/2020 | NGS - New satellites Generation Components | 01/05/2018 | 30/04/2021 | Prof. C. Ciminelli | 2.137.500,00 |
| MIUR PON RI 2014/2020 | CLOSE – CLOSE TO THE EARTH | 29/01/2018 | 29/08/2020 | Prof. C. Ciminelli | 731.500,00 |

| ENTE FINANZIATORE E BANDO | NOME DEL PROGETTO DI RICERCA | INIZIO | FINE | RESPONSABILE DEL DEI | IMPORTO DEL PROGETTO (QUOTA POLIBA) [€] |
|---|---|---|---|---|---|
| ASI - bando tecnologie low TRL | GIFAP- Giroscopio fotonico miniaturizzato ad alte prestazioni | 29/08/2018 | 29/08/2020 | Prof. C. Ciminelli | 180.436,60 |
| MIUR SDF Standard PON RI 2014/2020 | PICO–e–PRO - Processi Integrati e COnnessi per l'Evoluzione Industriale nella PROduzione | 01/09/2018 | 28/02/2021 | Prof. M. Dotoli, Prof. G. Boggia | 1.150.002,04 |
| MIUR SDF Standard PON RI 2014/2020 | RAFAEL | 01/06/2018 | 30/11/2020 | Prof. M. Dotoli | 650.000,00 |
| MIUR SDF Standard PRIN 2015 | WiNOT - WIreless Networks through on-chip Optical Technology | 21/11/2016 | 04/02/2020 | Prof. V. Petruzzelli | 176.667,00 |
| MIUR Progetti Ricerca PON2007-2013- | AMIDERHA | 02/04/2012 | 31/12/2017 | Prof. F. Prudenzano | 950.000,00 |
| MIUR Progetti Ricerca PON2007-2013- | AMIDERHA - Formazione | 01/10/2012 | 10/04/2018 | Prof. F. Prudenzano | 94.000,00 |
| MIUR Progetti Ricerca PON | APULIA-SPACE | 01/07/2013 | 31/05/2017 | Prof. C. Ciminelli | 670.007,64 |
| MIUR Progetti Ricerca PON | APULIA-SPACE - Formazione | 01/01/2014 | 31/12/2017 | Prof. P. Guccione, Prof. C. Ciminelli | 7.607,88 |
| MIUR Progetti Ricerca PON | Progetto ASK-HEALTH - Formazione | 01/07/2011 | 31/12/2017 | Prof. T. Di Noia | 190.180,00 |
| MIUR Programma RIDITT | DITRIMMIS | 16/06/2012 | 31/12/2017 | Prof. G. Andria | 223.000,00 |
| MIUR Progetti Ricerca PON | DSE | 01/09/2013 | 11/06/2018 | Prof. T. Di Noia | 7.680,00 |
| MIUR Progetti Ricerca PON | DSE - Formazione | 01/11/2013 | 30/03/2018 | Prof. T. Di Noia | 391.409,64 |
| MIUR Progetti Ricerca PON 2007-2013 | DSS | 07/11/2011 | 31/12/2016 | Prof. P. Camarda | 797.702,90 |
| MIUR Progetti Ricerca PON | EFFEDIL - Soluzioni Innovative per l'Efficienza Energetica in Edilizia | 01/07/2012 | 30/06/2015 | Prof. E. Di Sciascio | 233.518,00 |
| MIUR SDF Standard PON RI e SS | ERHA- Radioterapia avanzata con adroni/ Enhanced radiotherapy with hadrons | 22/11/2016 | 31/12/2019 | Prof. F. Prudenzano | 1.293.200,00 |
| MIUR Progetti Ricerca PON 2007-2013 | ERMES | 19/04/2012 | 31/12/2017 | Prof. G. Avitabile | 1.055.700,00 |
| MIUR Progetti Ricerca PON 2007-2013 | ERMES - Formazione | 19/04/2012 | 31/12/2017 | Prof. E. Di Sciascio | 669.400,00 |
| MIUR Progetti Ricerca PON 2007-2013 | EURO 6 | 01/01/2011 | 31/12/2021 | Prof. F. Cupertino | 1.009.600,00 |
| MIUR | EURO 6 - Formazione | 01/01/2011 | 31/12/2021 | Prof. F. Cupertino | 186.000,00 |

| ENTE FINANZIATORE E BANDO | NOME DEL PROGETTO DI RICERCA | INIZIO | FINE | RESPONSABILE DEL DEI | IMPORTO DEL PROGETTO (QUOTA POLIBA) [€] |
|---|---|---|---|---|---|
| Progetti Ricerca PON 2007-2013 | | | | | |
| MIUR Progetti Ricerca PON 2007-2013 | INNOVHEAD | 02/05/2012 | 31/12/2017 | Prof. D. Naso | 1.369.940,00 |
| MIUR Progetti Ricerca PON 2007-2013 | INNOVHEAD - Formazione | 01/12/2013 | 31/12/2016 | Prof. D. Naso | 460.740,00 |
| MIUR Progetti Ricerca PON Avviso Start-up | IN.VI.SY.B.L.E. - INnovation VIew SYstem for Better Local Environment | 01/09/2013 | 31/12/2017 | Prof. G. Avitabile | 150.000,00 |
| MIUR Progetti Ricerca PON | KHIRA | 31/05/2012 | 30/11/2015 | Prof. E. Di Sciascio | 600.000,00 |
| MIUR Progetti Ricerca PON | LAMRECOR - Logistica avanzata per la Mobilità di persone e merci: modelli matematici e sperimentazioni per nuovi protocolli di recapito della corrispondenza. | 27/06/2013 | 31/12/2017 | Prof. C. Ciminelli | 776.145,00 |
| MIUR Progetti Ricerca PON | DESMO – Formazione LAMRECOR | 27/06/2013 | 22/03/2017 | Prof. G. Mastronardi | 332.000,00 |
| MIUR Progetti Ricerca PON Avviso Start-up | M.A.I.VI.ST.O | 01/06/2014 | 31/12/2017 | Prof. S. Mascolo | 199.600,00 |
| MIUR Progetti Ricerca PON 2007-2013 | MALET | 01/09/2012 | 22/03/2017 | Prof. F. Cupertino | 474.000,00 |
| MIUR Progetti Ricerca PON 2007-2013 | MASSIME | 01/01/2012 | 31/12/2017 | Prof. A. D'Orazio | 1.673.226,00 |
| MIUR Progetti Ricerca PON 2007-2013 | MASSIME - Formazione | 01/01/2012 | 31/12/2017 | Prof. A. D'Orazio | 1.073.500,00 |
| MIUR Progetti Ricerca PON 2007-2013 | MEA | 01/09/2013 | 28/11/2018 | Prof. D. Naso | 1.576.248,05 |
| MIUR Progetti Ricerca PON 2007-2013 | MEA - Formazione | 01/09/2013 | 30/09/2017 | Prof. D. Naso | 16.700,00 |
| MIUR Progetti Ricerca PON 2007-2013 | PrInCE Processi Innovativi di Conversione dell'Energia | 01/01/2012 | 31/12/2015 | Prof. M. A. Trovato | 11.490.000,00 |
| MIUR Progetti Ricerca PON 2007-2013 | PrInCE - Formazione | 01/01/2011 | 31/12/2017 | Prof. M. A. Trovato | 910.000,00 |
| MIUR Progetti Ricerca PON 2007-2013 | PLATINO | 01/07/2012 | 31/12/2015 | Prof. S. Mascolo | 1.117.379,00 |
| MIUR Progetti Ricerca PON 2007-2013 | MAGNA GRECIA - Potenziamento | 01/01/2011 | 31/12/2017 | Prof. G. Andria | 2.884.963,45 |

| ENTE FINANZIATORE E BANDO | NOME DEL PROGETTO DI RICERCA | INIZIO | FINE | RESPONSABILE DEL DEI | IMPORTO DEL PROGETTO (QUOTA POLIBA) [€] |
|---|---|---|---|---|---|
| MIUR<br>Progetti Ricerca PON 2007-2013 | MAGNA GRECIA - Formazione | 01/01/2012 | 31/12/2017 | Prof. G. Andria | 307.036,55 |
| MIUR<br>Progetti Ricerca PON 2007-2013 | SMART ENERGY BOXES - Ricerca e sviluppo di sistemi per la produzione efficiente, la gestione e l'accumulo di energia elettrica e termica, integrati e interconnessi in un Virtual Power Plant | 01/01/2012 | 31/12/2015 | Prof. F. Cupertino, Prof. M. A. Trovato, Prof. L. Grieco | 700.770,00 |
| MIUR<br>Progetti Ricerca PON 2007-2013 | PUGLIA@SERVICE | 31/05/2012 | 30/11/2015 | Prof. E. Di Sciascio | 865.399,50 |
| MIUR<br>Progetti Ricerca PON 2007-2013 | RES NOVAE | 01/11/2012 | 31/10/2015 | Prof. M. Savino | 3.085.789,29 |
| MIUR<br>Progetti Ricerca PON 2007-2013 | RES NOVAE - Formazione | 01/11/2012 | 31/10/2015 | Prof. M. Savino | 534.000,00 |
| MIUR<br>Progetti Ricerca PON 2007-2013 | SIW | 01/10/2011 | 31/12/2017 | Prof. F. Prudenzano | 1.355.000,00 |
| MIUR<br>Progetti Ricerca PON 2007-2013 | SIW - Formazione | 01/10/2011 | 31/12/2017 | Prof. F. Prudenzano | 173.000,00 |
| MIUR<br>Progetti Ricerca PON | VINCENTE | 31/05/2012 | 30/11/2015 | Prof. E. Di Sciascio | 431.625,00 |
| MISE<br>Agevolazioni Finanziarie Legge 46/ 1982 | GCESYS | 01/01/2015 | 31/12/2018 | Prof. V. Bevilacqua | 963.100,00 |
| INAIL/Scuola Sant'Anna di Pisa<br>bando BRiC 2016 | ROBOVIR | 30/06/2017 | 29/06/2019 | Prof. V. Bevilacqua | 87.000,00 |

# II. PROGRAMMA ATTUATIVO DEL PIANO CULTURALE

## II.1. Le risorse disponibili

Attualmente (rilevazione al 01.03.2019) afferiscono al DEI 67 docenti strutturati (di cui 16 professori ordinari, 26 professori associati e 25 ricercatori (di cui 4 a tempo determinato assunti in base all'art. 24 comma 3-a della citata Legge 240/10 e altri 6 a tempo determinato assunti in base all'art. 24 comma 3-b della citata Legge 240/10), nonché 16 unità di personale tecnico, amministrativo e bibliotecario. Vanno inoltre considerati i numerosi laureati cha a vario titolo frequentano il Dipartimento per svolgere attività di ricerca, dai dottorandi agli assegnisti, ai borsisti, ai collaboratori di ricerca, ai ricercatori stranieri. Infine, si aggiungano i docenti a contratto che fanno capo al DEI e i docenti in quiescenza che a volte continuano a svolgere attività didattiche e/o scientifiche nel Dipartimento. In totale si può quindi stimare che nel DEI svolgono oggi la loro attività oltre 200 unità tra docenti, ricercatori, amministrativi e tecnici. È da notare che tre docenti e ricercatori attivi nel recente passato (ultimo triennio) presso il DEI hanno preso servizio presso importanti atenei stranieri e italiani (Kiel Universität, Politecnico di Torino, Università di Firenze).

Le attività di ricerca gestite finanziariamente dal Dipartimento concorrono al bilancio di previsione per l'anno finanziario 2018 del Politecnico di Bari per diversi milioni di Euro, grazie soprattutto ai cospicui finanziamenti ottenuti e quelli in corso di assegnazione per le attività di ricerca, soprattutto nell'ambito dei progetti del Piano Operativo Nazionale e dei progetti finanziati nell'ambito del Fondo per la Ricerca di Base, ma anche di progetti europei e per i numerosi contratti di ricerca attivati con enti esterni pubblici e privati. A titolo di esempio, considerando i soli proventi da ricerche commissionate da enti esterni, il DEI gestisce oltre il 30% della posta complessiva a bilancio di Ateneo.

### II.1.1. Dotazione di personale e infrastrutture / rif. R4.B.4 /

La struttura organizzativa del Dipartimento è così articolata:

1. Direttore
2. Direttore Vicario
3. Responsabile dei Servizi Amministrativi
4. Delegati:
    - Delegato ai Rapporti con ANVUR;
    - Delegato alla Ricerca Scientifica e Trasferimento Tecnologico;
    - Delegato alla Internazionalizzazione;
    - Delegato alla Terza Missione;
    - Delegato all'Amministrazione;
    - Delegato alla Didattica;
    - Delegato all'Orientamento.
5. Organi collegiali:
    - Consiglio di Dipartimento le cui funzioni sono stabilite dallo Statuto del Politecnico di Bari;
    - Giunta di Dipartimento con poteri deliberanti, ridefiniti nel Consiglio di Dipartimento del 11 febbraio 2019, che riguardano: (a) assegnazione di compiti e dei carichi didattici a docenti; (b) autorizzazione affidamento contratti di supporto alla didattica e degli incarichi di insegnamento/ affidamenti presso i Corsi di Studio; (c) ripartizione di fondi per la didattica e per gli interventi straordinari nel rispetto dei criteri definiti

dal Consiglio di Dipartimento; (d) concessione nulla-osta ai docenti per lo svolgimento di attività didattiche o di ricerca presso altri Enti e per la fruizione di periodi di esclusiva attività di ricerca; (e) approvazione pratiche studenti, sentiti i Coordinatori dei Corsi di Studio e il referente Erasmus che all'uopo vengono invitati a partecipare alla relativa seduta; (f) approvazione delle Commissioni di esame di profitto; (g) Contrattazione attiva: accettazione contributi, comunque denominati, e approvazione Convenzioni/Contratti, nonché Accordi Quadro;

- Commissione Paritetica (già Osservatorio della Didattica) con lo svolgimento dei seguenti compiti: (i) attività di monitoraggio dell'offerta formativa e della qualità della didattica, nonché dell'attività di servizio agli studenti da parte dei docenti e ne individua gli indicatori per la valutazione dei risultati; (ii) formulazione pareri e proposte sull'attivazione e la soppressione di Corsi di Studio; (iii) formulazione pareri circa la compatibilità tra gli obiettivi formativi di ogni Corso di Studio e i crediti assegnati alle attività formative previste.

6. Commissioni:
   - Commissione Amministrazione, costituita dal vicario del Direttore del DEI e da altro personale docente afferente al Dipartimento, dal responsabile dei servizi amministrativi e dal suo vicario, con il compito di intervenire, tra le altre, sulle questioni relative all'amministrazione e agli affari tecnici del DEI, mediante le azioni di:
     - Valutazione e miglioramento della performance;
     - Raggiungimento degli Obiettivi;
     - Attribuzione degli Incentivi;
   - Commissione Terza Missione, composta da Direttore DEI, Delegato al Trasferimento Tecnologico, e da altri quattro docenti. Svolge attività di trasferimento tecnologico e dei servizi al territorio, con l'obiettivo di incoraggiare l'applicazione della ricerca in ambito industriale, adottare le regole vigenti presso il Politecnico per quanto riguarda la creazione di imprese e l'incentivazione dell'imprenditorialità attraverso spin-off, monitorare le iniziative rientranti nella "Terza Missione" anche per la successiva predisposizione della Scheda Unica Annuale della Ricerca Dipartimentale (SUA-RD);
   - Commissione Ricerca, composta da Direttore DEI, Direttore Vicario DEI, Delegato alla Ricerca DEI, componente del Presidio di Qualità dell'Ateneo e altri cinque docenti. La Commissione è preposta al monitoraggio della qualità della ricerca e alla redazione della SUA-RD;
   - Commissione Didattica, composta da Direttore DEI, Direttore vicario DEI, Delegato alla Didattica DEI, componente del Presidio di Qualità dell'Ateneo e dai Coordinatori dei Corsi di Studio. Commissione preposta al monitoraggio della qualità della didattica e alla redazione della Scheda Unica di Ateneo dei Corsi di Studio (SUA-CDS).

I Delegati del Direttore, le commissioni e i gruppi di lavoro, sono impegnati anche sulla promozione, monitoraggio e gestione di tutte le attività di formazione che il Dipartimento può svolgere e svolge sul territorio di appartenenza: convegni, conferenze, seminari, attività didattiche, consulenze, contratti/convenzioni, interventi sui media, ecc. che i docenti del Dipartimento svolgono al di fuori del regolare impegno d'insegnamento in collaborazione con gli enti locali e con le realtà produttive e culturali locali.

#### II.1.1.1. Dotazione personale docente

La dotazione di personale docente è attualmente di 16 professori ordinari, 26 associati e 25 ricercatori, per un totale di 67 docenti. A questi si aggiungono 17 tra tecnici e amministrativi.
I settori scientifico disciplinari afferenti al DEI sono i seguenti:

- Area CUN 01:
  - MAT/08
- Area CUN 09:
  - ING-IND/31, ING-IND/32, ING-IND/33, ING-INF/01, ING-INF/02, ING-INF/03, ING-INF/04, ING-INF/05, ING-INF/06, ING-INF/07.

I 67 professori e i ricercatori strutturati afferenti al DEI ricoprono le competenze scientifiche e didattiche proprie dei seguenti undici Settori Scientifico-Disciplinari (SSD), che comprendono tutti i campi paradigmatici di attività nell'ambito dei suddetti settori dell'Ingegneria Elettrica e dell'Ingegneria dell'Informazione, nonché della matematica applicata:

- ING-IND/31 - ELETTROTECNICA: 4 docenti strutturati
- ING-IND/32 - CONVERTITORI, MACCHINE E AZIONAMENTI ELETTRICI: 3 docenti strutturati
- ING-IND/33 - SISTEMI ELETTRICI PER L'ENERGIA: 7 docenti strutturati
- ING-INF/01 - ELETTRONICA: 11 docenti strutturati
- ING-INF/02 - CAMPI ELETTROMAGNETICI: 7 docenti strutturati
- ING-INF/03 - TELECOMUNICAZIONI: 6 docenti strutturati
- ING-INF/04 - AUTOMATICA: 9 docenti strutturati
- ING-INF/05 - SISTEMI DI ELABORAZIONE DELLE INFORMAZIONI: 9 docenti strutturati
- ING-INF/06 - BIOINGEGNERIA ELETTRONICA E INFORMATICA: 1 docente strutturato
- ING-INF/07 - MISURE ELETTRICHE E ELETTRONICHE: 8 docenti strutturati
- MAT/08 - ANALISI NUMERICA: 2 docenti strutturati

#### II.1.1.2. Dotazione personale tecnico amministrativo

Il personale tecnico amministrativo del Dipartimento consiste attualmente di diciassette unità che svolgono compiti di supporto per ciò che concerne i Servizi Amministrativi, per la Didattica e la Ricerca del Dipartimento e i Servizi in staff al Direttore. La verifica della qualità del supporto fornito a docenti, ricercatori e dottorandi nelle loro attività di ricerca è svolta a livello di struttura centrale attraverso più canali, tra i quali si citano la valutazione delle performance con un sistema strutturato e consolidato da tre anni, l'ascolto con questionario interno dei docenti che tiene conto anche della voce specifica ed infine attraverso l'attività della Commissione Amministrazione del Dipartimento che periodicamente riesamina le criticità operative ed organizzative, con eventuale riprogrammazione delle funzioni del personale amministrativo a supporto.
Questo sistema garantisce una chiara visione della situazione corrente e la possibilità per gli organi di governo del DEI di provvedere al miglioramento della struttura organizzativa.

### II.1.2. Il sistema organizzativo / rif. R4.B.4 e R4.B.4 /

L'organizzazione della struttura tecnico amministrativa del Dipartimento è descritta negli organigrammi di Fig.1 e Fig. 2, che riportano rispettivamente l'organizzazione dell'area Amministrativa e di quella Tecnica del DEI.

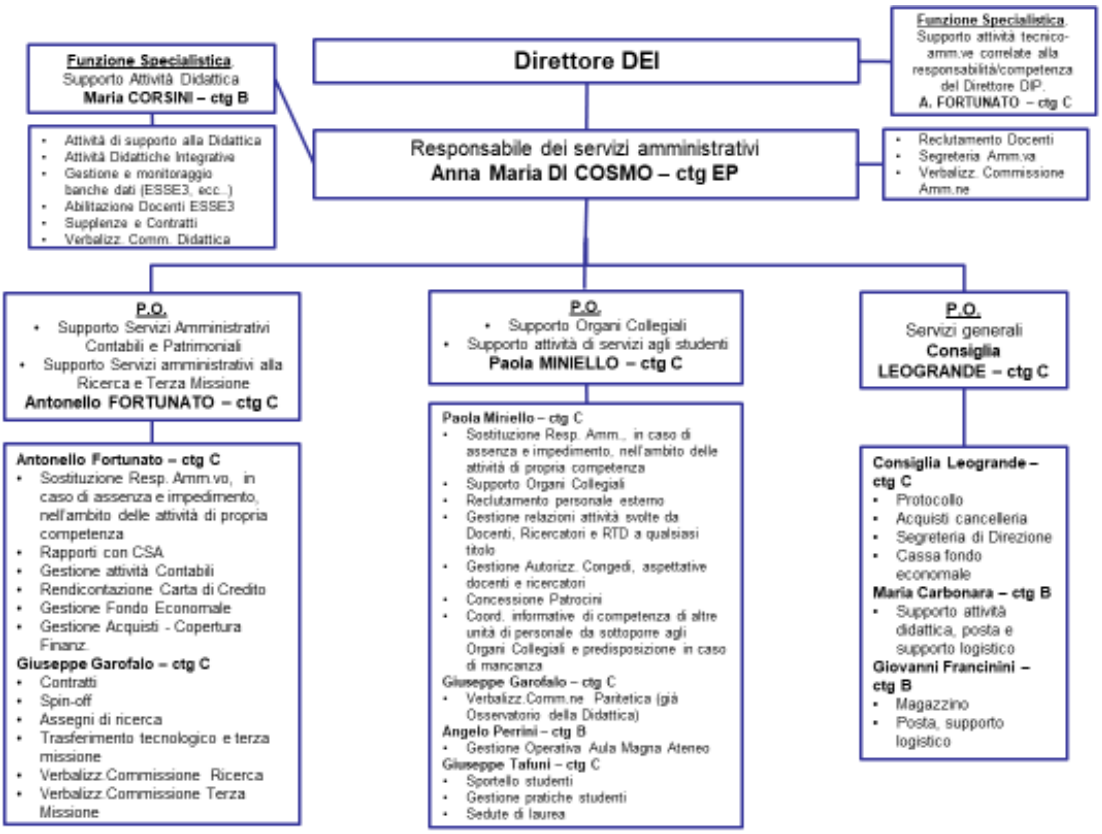


*Fig. 1. Organigramma dell'Area Amministrativa del DEI.*

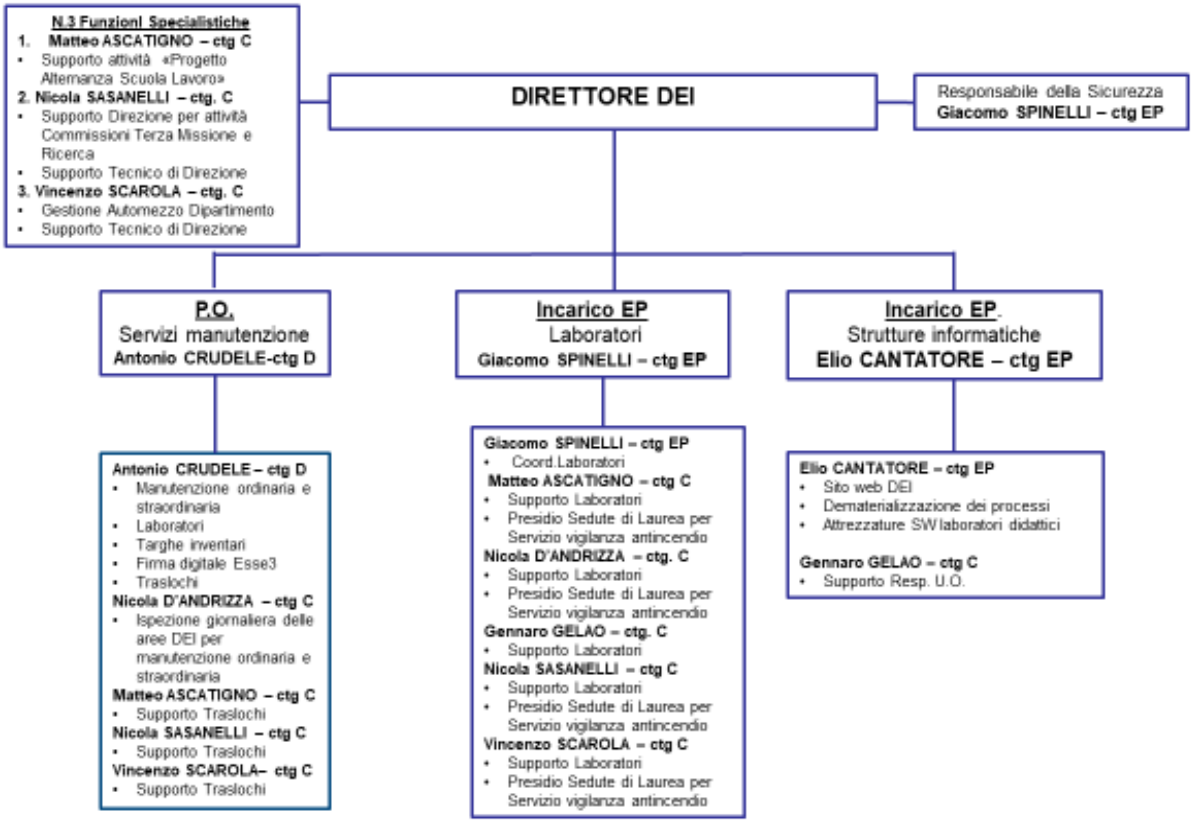


*Fig. 2. Organigramma dell'Area Tecnica del DEI.*

## II.2. Programmazione attuativa – Ricerca

### II.2.1. Analisi della situazione pregressa / rif. R4.B.2 /

Nel seguito si descrivono i laboratori, le attività e i gruppi di ricerca attivi presso il DEI. Quindi, dopo aver richiamato brevemente il sistema di monitoraggio della ricerca attivato presso il Dipartimento, si fornisce una analisi delle performance della ricerca dipartimentale.

#### II.2.1.1. Laboratori di ricerca

Nel DEI trovano ubicazione 40 Laboratori didattici e/o di ricerca:

- Applicazioni informatiche avanzate all'ambiente (Advanced Environmental inFormatic Laboratory, AeFLab)
- Artificial Vision Laboratory (AVLAB)
- Automazione e Robotica (Automation and Robotics)
- Calcolo Automatico per la Didattica (Automatic Learning Calculation)
- Camera Pulita (Clean room)
- Campi Elettromagnetici e Telecomunicazioni (Electromagnetic Fields and Telecommunications)
- Compatibilità Elettromagnetica Industriale (Industrial Electromagnetic Compatibility)
- Controlli Automatici (Control and Automation, LCA)
- Controllo Digitale (Control of Computing and Communication Systems)
- Dispositivi Elettronici (Electronic Devices)
- Elettronica dei Segnali e Sistemi per le Telecomunicazioni (Signals and Systems for Telecommunications, SSTlab)
- Elettronica dei Sistemi e delle Applicazioni Digitali (Digital Electronics Systems and Applications, EleDigiLab)
- Elettronica di Potenza (Power Electronics)
- Elettronica per le Telecomunicazioni (Telecommunications Electronics)
- Elettronica per l'Elaborazione dei Segnali (Electronic for Signal Processing)
- Elettrotecnica (Electrical Engineering)
- Fotonica (Photonics)
- Informatica Industriale (Industrial Informatics, In2Lab)
- Lab ZERO: "Laboratorio per lo sviluppo delle fonti rinnovabili e dell'efficienza energetica: Progetto ZERO (Zero Emission Research Option)" – facente parte con partner ENEA delle Reti di Laboratori pubblici di ricerca della Regione Puglia.
- Laboratorio regionale di sintesi e caratterizzazione di nuovi materiali organici e nanostrutturati per elettronica, fotonica e tecnologie avanzate (Apulia regional laboratory of characterization of new organic and nanostructured materials)
- Laser Lab
- Macchine ed Azionamenti Elettrici (Electrical Machines and Drives)
- Microelettronica (Microelectronics)
- Misure Elettriche ed Elettroniche – Didattica (Electrical and Electronic Measurements – Didactics)
- Misure Elettriche ed Elettroniche – Ricerca (Electrical and Electronic Measurements - Research)
- Multifunzionale di Elettronica (Multifunctional electronics)

- nanoPhotonics and Electromagnetics Group (nPEG) Laboratories
- Optoelettronica (Optoelectronics)
- Ottica Integrata (Integrated Optics)
- Elaborazione Numerica dei Segnali (Signal Processing)
- Progettazione di Sistemi Elettronici Integrati (Design of Electronic Integrated Systems Lab, DEISLab)
- Ricerca per l'aerospazio e l'energia (Energy Factory Bari)
- Scambio Ionico (Ion exchange)
- Sistemi di Decisione e Controllo (Decision and Control Laboratory, D&C Lab)
- Sistemi Elettrici per l'Energia (Prince - Electrical Energy Systems)
- Sistemi Informativi (Information Systems Laboratory, SisInf Lab)
- Spintronica ed energie rinnovabili (Spintronics and renewable energy)
- Tecnologico
- Telematica – Didattica (Telematics – Didactics)
- Telematica – Ricerca (Telematics – Research)

I principali temi, progetti di ricerca, attrezzature e laboratori che caratterizzano le attività dei docenti del Dipartimento sono presenti nella descrizione dei gruppi di ricerca e nei relativi siti web, nonché nel catalogo della ricerca del Politecnico di Bari (http://www.poliba.it/sites/default/files/catalogo_-_definitivo_a5_144pp.pdf).

Il DEI intende perseguire il potenziamento dei propri laboratori di didattica e ricerca. Infatti, nell'istruzione universitaria moderna l'insegnamento, oltre a un apprendimento formale, deve prevedere ovunque possibile compiti concreti e progetti da realizzare, di complessità e grado di realismo crescente con il progredire del curriculum. Tra i risultati di apprendimento vi deve sempre essere, e in modo certificato, la capacità di applicare conoscenza e comprensione. È inoltre dimostrato che conoscenza e comprensione teoriche sono facilitate e migliorate dalla loro applicazione concreta. Infine, in base a rilevamenti sia informali che formali, questo tipo di approccio incontra il generale favore degli studenti.
Il Dipartimento DEI si pone perciò, tra i suoi obiettivi primari per quanto concerne la didattica, il potenziamento di quella laboratoriale, con ciò intendendo le attività di laboratorio:

- integrate in corsi curricolari, sia triennali che magistrali;
- previste come parte integrante del programma e della verifica dell'apprendimento;
- organizzate in piccoli gruppi, con apprendimento cooperativo;
- tali da portare all'elaborazione di un prodotto concreto, cognitivo o materiale.

L'obiettivo principale è, in sintesi, lo svolgimento di parte del programma nel laboratorio, inteso come ambiente centrato sullo studente, e adatto alle esigenze di un corso anche numeroso.
Allo scopo di facilitare e incentivare l'uso del laboratorio negli insegnamenti, con svolgimento regolare di esercitazioni per tutti gli studenti del corso, si intende potenziare nella massima misura possibile la dotazione dei laboratori didattici, in termini di apparecchiature e di risorse per la gestione degli stessi.
Tale attività di ampliamento sarà perseguita nei limiti degli spazi fisici nella disponibilità del dipartimento e delle risorse finanziarie del DEI.

### II.2.1.2. Gruppi di ricerca

Si dettagliano nel seguito gli ambiti di ricerca attivi per gli 11 SSD del DEI.

#### *II.2.1.2.1. La ricerca nel settore ING-IND/31 – Elettrotecnica*

Il Settore Scientifico Disciplinare ING-IND/31 – Elettrotecnica è composto da 5 docenti strutturati che afferiscono a due laboratori di ricerca: Laboratorio di Elettrotecnica e Laboratorio di Spintronica ed Energie Rinnovabili. Di seguito vengono riportate le principali linee di ricerca dei laboratori.

***Laboratorio di Spintronica ed Energie Rinnovabili***

Il gruppo di ricerca afferente al Laboratorio di Spintronica ed Energie Rinnovabili del Politecnico di Bari si occupa di due principali filoni di ricerca:

**Spintronica**
La ricerca corrente del laboratorio nell'ambito della spintronica riguarda la dinamica dello spin dell'elettrone in nanostrutture a film sottile. La maggior parte del lavoro si focalizza sull'effetto di spin transfer torque (STT) e sull'inversione del dominio della magnetizzazione e la dinamica della magnetizzazione alle alte frequenze (GHz) in dispositivi nanostrutturati. La dinamica della magnetizzazione indotta dall'effetto STT ha diverse applicazioni sia nell'evoluzione della tecnologia delle memorie non volatili ma anche come oscillatori alle frequenze delle microonde. Per conseguire tali obiettivi, il laboratorio si occupa della comprensione di possibili tipologie di dinamiche della magnetizzazione ottenute mediante l'effetto dello spin-transfer torque in differenti geometrie e materiali, l'influenza del rumore sulla dinamica della magnetizzazione, la progettazione e la simulazione numerica di dispositivi ad alta efficienza. Nell'ultimo periodo la ricerca è attiva anche nell'applicazione della tecnologia STT come diodo spintronico. Infatti, dalla collaborazione congiunta con i ricercatori della Università di Suzhou, è stata dimostrata teoricamente e sperimentalmente la possibilità di utilizzare i dispositivi spintronici come diodo ad alta efficienza, superando i valori di sensitività degli attuali diodi CMOS e raggiungendo i valori più alti oggi esistenti al mondo, di circa 75000 V/W (Nature Communications, 10.1038/ncomms11259). Infine, ottimizzando l'effetto diodo e facendo funzionare il dispositivo su un più ampio range di frequenze piuttosto che in risposta risonante, la ricerca sta dimostrando la possibilità di utilizzare il diodo spintronico per l'energy harvesting, raccogliendo l'energia dai segnali elettrici alle alte frequenze presenti nell'ambiente circostante.
In tale ambito di ricerca, il laboratorio ha collaborazioni scientifiche attive sia a livello nazionale che internazionale con gruppi di ricerca sia teorici che sperimentali.

**Modellamento di fonti rinnovabili di energia, monitoraggio e diagnostica, impatto sulla rete elettrica**
L'attività di ricerca incentrata sulle fonti rinnovabili di energia copre diversi ambiti: modellamento di componenti e sistemi a fonte rinnovabile di energia, diagnostica degli stessi, impatto sulla rete elettrica a cui gli impianti rinnovabili sono connessi.
Relativamente al tema del modellamento, l'Unità ha sviluppato competenze sul modellamento circuitale di singoli sistemi fotovoltaici, dal livello di cella fino all'intero impianto. L'implementazione di modelli è principalmente realizzata in ambiente MATLAB-Simulink, ma in alcuni casi si utilizzano anche metodi ad elementi finiti, soprattutto per tener conto degli aspetti termici. Il secondo ambito, focalizzato su monitoraggio e diagnostica, segue un duplice percorso: analisi di dati numerici tramite approccio statistico e analisi automatica di immagini termografiche di moduli fotovoltaici, elaborate da acquisizioni video tramite drone. La prima delle due attività consente di catturare anche piccoli danneggiamenti latenti, che non producono significative variazioni elettriche e, quindi, non sono

rilevati dai sistemi commercialmente disponibili. Questa attività consente la localizzazione di guasti a livello di stringa, ma non di modulo. La seconda attività, invece, consente di analizzare automaticamente il comportamento termico del singolo modulo, senza alcun fuori servizio dell'impianto. È stata già realizzata, in cooperazione con una società spin-off del Politecnico di Bari, una piattaforma informatica, in grado di elaborare automaticamente le immagini acquisite o estratte da video, e definire il livello di gravità delle anomalie rilevate. La terza linea di ricerca – impatto sulla rete elettrica – è focalizzata sugli impatti della penetrazione delle fonti rinnovabili di energia sulla rete elettrica. Anche in questo caso si utilizzano gli strumenti della statistica, applicata però ai dati rilevati su sistemi elettrici reali in esercizio.
In tale ambito di ricerca, il laboratorio ha collaborazioni scientifiche attive sia a livello nazionale che internazionale con gruppi di ricerca sia teorici che sperimentali.

***Laboratorio di Elettrotecnica***

Una delle principali attività di ricerca del laboratorio è legata all'Energy Harvesting (EH) attraverso lo studio di dispositivi basati su materiali piezoelettrici sottoposti a vibrazione. Questi particolari materiali dielettrici sono caratterizzati da fenomeni isteretici tipici di sistemi non lineari, che posseggono memoria e per i quali l'effetto dell'ingresso è osservabile con un ritardo nel tempo.

La corretta caratterizzazione e modellazione di questo tipo di non linearità rappresenta un problema di grande rilievo nella comunità scientifica, soprattutto in considerazione della sempre crescente attenzione nei riguardi delle possibilità offerte dagli smart materials.

Le attività di ricerca sono attualmente finalizzate alla modellazione delle non linearità sperimentalmente osservabili nelle strutture elettro-elastiche vibranti realizzate con materiale piezoceramico (PZT).

Riprodurre un comportamento isteretico, soprattutto se dipendente dalla frequenza delle sollecitazioni in ingresso al sistema, è un compito complesso e generalmente oneroso da un punto di vista computazionale. Si è quindi preferito adottare i cosiddetti modelli fenomenologici. Questi possono essere suddivisi in due sottocategorie: modelli del tipo differential equation-based (Duhem model, Backlash-like model, BoucWen model) e modelli del tipo operator-based (Preisach model, PrandtlIshlinskii model). Nella ricerca in corso i modelli physic-based sono stati completati con fattori empirici per descrivere le curve isteretiche osservate sperimentalmente. In particolare, partendo da una formulazione polinomiale (di ordine opportuno) della funzione densità entalpia elettrica, si è realizzato un modello in grado di riprodurre le dinamiche di transizione di fase all'interno dei cristalli piezoceramici sia monocristallini che policristallini.

Un altro filone di ricerca del laboratorio riguarda:

- la modellazione di scambi energetici in ambito territoriale attraverso particolari tipologie di Reti Non Lineari dette Small-World Networks;
- lo sviluppo di metodologie innovative basate su Reti Neurali Convoluzionali per l'estrazione di caratteristiche di immagini mediche computerizzate nella classificazione di tipologie di cancro al seno, al fegato e tumori del sangue;
- lo sviluppo di architetture innovative di Reti di assistenza sanitaria per la malattia di Parkinson in grado di analizzare l'enorme volume di dati generati da esami medici basandosi su Big Data Analytics;
- l'individuazione di metodi di identificazione di parametri modali di harvesting energetico per dispositivi piezoelettrici.

### *II.2.1.2.2. La ricerca nel settore ING-IND/32 – Convertitori, Macchine e Azionamenti Elettrici*

Il gruppo di ricerca afferente al settore ING-IND/32 – Convertitori, Macchine e Azionamenti Elettrici del Politecnico di Bari svolge la propria attività nei laboratori di Macchine e Azionamenti Elettrici, di Elettronica di Potenza ed Energy Factory Bari (EFB). Le principali attività di ricerca nei prossimi anni si concentreranno sulla mobilità elettrica, sulle applicazioni elettriche aeronautiche e sulla conversione dell'energia da fonti rinnovabili. I principali temi che saranno oggetto di attenzione sono di seguito sintetizzati.

**Progettazione di macchine elettriche**

Negli ultimi anni è aumentato l'interesse verso le macchine elettriche ad elevata velocità che garantiscono una maggiore densità di potenza ed evitano l'utilizzo di gear-box nel collegamento ad altri organi meccanici veloci. Le possibili applicazioni di tale tecnologia spaziano dal settore aerospaziale a quello della generazione da fonti rinnovabili, alla mobilità elettrica. Sono in via di sviluppo delle procedure di progettazione automatizzata delle macchine elettriche basate sull'utilizzo di software di simulazione multifisica ed algoritmi di ottimizzazione. Tali procedure sono state già impiegate con successo per la progettazione di diverse macchine elettriche tra cui si evidenziano gli attuatori ad elevata velocità di rotazione per applicazioni aeronautiche (fino a 5 kW di potenza a 50000 rpm) e i generatori anulari ad elevata frequenza e basse perdite per applicazioni nel settore eolico (fino a 20 kW a 150 rpm). Nei prossimi anni, grazie agli accordi di lungo periodo siglati con importanti partner industriali (Avio Aero, Casillo Group, Bosch-CVIT, Arol) gli studi saranno approfonditi anche considerando il campo della trazione elettrica e quello dell'automazione industriale.

**Controllo sensorless di macchine elettriche ad elevata velocità**

La notevole attenzione dell'accademia e dell'industria verso algoritmi di controllo vettoriale di motori in corrente alternata che possano fare a meno del trasduttore di posizione è dovuta alla possibilità di ridurre i costi ed aumentare l'affidabilità mediante i cosiddetti algoritmi di controllo sensorless. La stima della posizione è in genere eseguita a partire da misure di corrente e/o di tensione utilizzando la conoscenza del modello matematico del motore. L'incremento della velocità di rotazione delle macchine elettriche consente un aumento della densità di potenza, come richiesto nelle applicazioni aeronautiche e automobilistiche. In tale contesto, i problemi di controllo relativi al basso numero di campioni per ciascun periodo elettrico appaiono sempre più significativi e rappresentano la motivazione principale che guida l'attività di ricerca. Sono stati sviluppati schemi di controllo nel dominio tempo discreto che utilizzano un sensore di posizione per superare i limiti delle tecniche esistenti per le macchine sincrone a riluttanza. Sono in fase di studio algoritmi di controllo sensorless per macchine anisotrope ad elevata velocità, macchine che trovano principale applicazione nell'ambito della trazione elettrica grazie alla loro efficienza elevata in un esteso range di funzionamento.

**Riduzione delle perdite in convertitori elettronici di potenza**

Nel campo degli azionamenti elettrici ad alta velocità, l'utilizzo di inverter con dispositivi MOSFET SiC rappresenta una soluzione che consente un miglioramento dell'efficienza del convertitore. L'introduzione di dispositivi ad elevata frequenza di commutazione con tecnologia MOSFET SiC comporta la comparsa di diverse problematiche, soprattutto collegate alle notevoli sollecitazioni imposte ai sistemi di isolamento dalle repentine variazioni della tensione, riducendo l'affidabilità del sistema. Inoltre, i dispositivi MOSFET SiC sono molto più costosi rispetto ai dispositivi IGBT al silicio di uguale taglia. Una possibile soluzione per continuare a utilizzare un inverter basato su dispositivi IGBT negli azionamenti elettrici ad elevata velocità è quella di modificare la tecnica di modulazione del convertitore al fine di ridurre le commutazioni dei singoli dispositivi a parità di frequenza delle grandezze elettriche. Saranno anche considerati dei circuiti di commutazione attivi

per convertitori con tecnologia MOSFET SiC al fine di poter variare il gradiente di tensione sul carico. In questo modo potrebbe essere possibile trovare in tempo reale un compromesso ideale tra efficienza di funzionamento e vita utile residua del sistema di isolamento elettrico.

**Controllo di convertitori elettronici di potenza per il "More Electric Aircraft", per le reti in corrente continua e per le applicazioni dello "Smart Transformer"**

Negli ultimi anni è stato registrato un interesse crescente verso le reti in corrente continua (Smart Grid DC) a causa dell'elevata diffusione dei sistemi di generazione distribuita con sistemi di accumulo integrati. Le DC Smart Grid possono essere addirittura preferibili alle Smart Grid in corrente alternata in termini di flessibilità e ridondanza anche grazie alla possibilità di realizzare un sistema multibus in corrente continua che funzioni a diversi livelli di tensione. Nei sistemi di piccola potenza sono stati verificati diversi vantaggi collegati alle Smart Grid DC. Il primo si basa sulla natura di alcune fonti rinnovabili che sono intrinsecamente fonti in corrente continua. Di conseguenza, è necessaria una fase di conversione dell'alimentazione da continua in alternata per collegare il sistema alla rete elettrica. Le DC Smart Grid possono fornire una maggiore efficienza riducendo il numero di stadi di conversione dell'energia elettrica. Un secondo aspetto importante è la flessibilità dovuta all'accoppiamento di varie fonti rinnovabili in corrente continua che funzionano a diversi livelli di tensione. Il collegamento alla rete AC principale può essere garantito mediante un convertitore AC / DC con capacità di flusso di potenza bidirezionale o una rete di distribuzione elettrica in corrente continua. La terza questione importante è l'operazione garantita anche in caso di guasti sul lato in corrente alternata grazie ai sistemi di accumulo integrati; l'ultimo vantaggio è l'assenza di sincronizzazione poiché non è richiesto il controllo di fase. Le attività di ricerca si concentreranno sullo studio di topologie di conversione innovative che migliorino la qualità dell'energia elettrica o la robustezza del sistema di conversione, anche attraverso l'uso di opportuni schemi di controllo.

**Regolatori PI frazionari per azionamenti elettrici industriali**

Negli ultimi due decenni, le applicazioni del calcolo frazionario si sono diffuse in diversi campi ingegneristici, dai sistemi di controllo ai circuiti ed agli azionamenti elettrici. In particolare, diverse attività di ricerca sono state volte a sfruttare la differenziazione / integrazione frazionaria per lo sviluppo di metodi di controllo e di tecniche di taratura dei sistemi automatici efficaci e di facile utilizzo. Frequentemente, sono state proposte estensioni dei controllori di tipo proporzionale-integrale-derivativo (PID) mediante operatori differenziali o integrali di ordine non intero. Questi controllori sono spesso denominati controllori di ordine frazionario (FOC). Tuttavia, per essere più facilmente accettato nell'industria, il FOC deve raggiungere le specifiche date nel dominio del tempo o della frequenza e migliorare la robustezza garantita dalle soluzioni basate su PID tradizionali. Per favorire la diffusione di tali tecniche in ambito industriale, saranno studiate tecniche di realizzazione efficienti e facili da implementare, adottando strategie loop-shaping per la progettazione di regolatori di ordine frazionario o estendendo ai regolatori frazionari le tecniche di sintesi già consolidate per i regolatori tradizionali.

#### *II.2.1.2.3. La ricerca nel settore ING-IND/33 – Sistemi Elettrici per l'Energia*

Il gruppo di ricerca afferente al settore ING-IND 33 –Sistemi Elettrici Per l'Energia (in breve SEPE) del Politecnico di Bari è stato storicamente molto attivo e presente sulle tematiche della trasmissione dell'energia elettrica e delle grandi infrastrutture per il trasporto a lunga distanza dell'energia tanto da produrre su queste tematiche una rilevante attività scientifica riconosciuta da diversi premi e riconoscimenti internazionali. Tra questi la Fellowship IEEE conferita ad uno dei ricercatori del settore, secondo quanto previsto dalla costituzione dell'Istituto, dal Board of Directors a persona "with an extraordinary record of accomplishments". Nello specifico la Fellowship viene conferita con la menzione "for contribution to computationally efficient power system dynamic

performances, simulation and control" nel 2007. Si tratta del riconoscimento internazionale più prestigioso nel settore elettrico conferito, sino a quel momento a soli altri 4 italiani, relativamente al settore della Power Engineering.

Le tematiche di ricerca riguardavano il tema della ristrutturazione dei sistemi energetici secondo i paradigmi della generazione di energia diffusa e non più centralizzata su grandi centrali, del coinvolgimento attivo dei consumatori o meglio dei prosumer nell'utilizzo intelligente e consapevole dell'energia, della ristrutturazione del mercato elettrico e dei mercati energetici ri-regolamentati, della prototipizzazione rapida di apparecchiature elettromeccaniche ed elettroniche da destinare al mercato delle smart grid in ambito residenziale e industriale e della mobilità elettrica.

Questa attività di ricerca ed il credito scientifico accumulato nel corso degli anni sulle tematiche dell'energia ha dato esito positivo permettendo al gruppo di accedere a importanti finanziamenti per la realizzazione di due laboratori scientifici:

- Processi Innovativi per la Conversione dell'Energia – PrInCE;
- Laboratorio per lo sviluppo delle fonti rinnovabili e dell'efficienza nei distretti energetici: Progetto ZERO (Zero Emission Research Option).

Come evidente dal titolo dei due laboratori, essi inquadrano due aspetti complementari inerenti da un lato la produzione di energia su impianti di piccola taglia dispersi sul territorio e dall'altro la tematica dell'efficienza energetica e del condizionamento della domanda di energia. Entrambi i laboratori sono attrezzati per la realizzazione e prototipizzazione rapida di nuovi componenti nel settore delle Green Technologies.

Gli strumenti di simulazione e le apparecchiature sono messi a disposizione della comunità scientifica e del sistema imprenditoriale per ridurre i rischi legati alla ricerca applicata e alla innovazione di prodotto. L'idea è quella di permettere un rapido passaggio dal concetto al mercato (from concept to market). Si tratta di un polo di ricerca finalizzato alla innovazione tecnologica per l'efficienza energetica in vari scenari quali: le aree urbane (conformi all'ottica della Smart City) e i distretti industriali (Energy hubs, power parks, eco-industrial parks) nei quali siano integrati impianti di produzione di energia termoelettrica e da rinnovabili, impianti cogenerativi, impianti di accumulo dell'energia, sistemi innovativi per la "building automation". Nell'ottica di collaborazione con il tessuto imprenditoriale, il polo di ricerca svolge attività di sviluppo delle tecnologie più efficienti e innovative, mirando ad assumere un ruolo di primo piano nell'innovazione tecnologica, nel trasferimento tecnologico alle imprese, nello studio e nella diffusione delle migliori tecnologie disponibili.

I laboratori hanno un forte carattere multidisciplinare coinvolgendo le attività di ricerca di 4 Dipartimenti del Politecnico di Bari. Di rilievo, tra le varie attrezzature, un Simulatore "real time" digitale per la prototipazione rapida di apparecchiature elettriche, un tunnel del vento per il testing di minieolico, strumentazione per prove ultrasoniche per la caratterizzazione non distruttiva della risposta meccanica dei materiali e caratterizzazione termofisica dei materiali da costruzione ed infine attrezzature per la sintesi e la caratterizzazione di materiali o dispositivi nano-compositi e nano-strutturati grazie alla partecipazione di ENEA - Centro Ricerche di Brindisi Partner Istituzionale del Laboratorio ZERO.

Il più recente dei Laboratori (ZERO) è stato completato nel febbraio 2017. Trattandosi di un Living Lab sin dalla sua fase di progettazione e poi successivamente nel corso di vari progetti finanziati ha associato 43 partner scientifici e industriali, oltreché Enti territoriali ed associazioni. I partner scientifici sono: ENEA Centro Ricerche di Brindisi. Partner associati al Living lab: RSE SpA - Ricerca

sul Sistema Energetico. Istituto per la Competitività I-Com. Nomisma Energia. Centro Di Ricerche Europeo Di Tecnologie Design e Materiali.

Si elencano di seguito le grandi attrezzature presenti nei due laboratori.

**Grandi attrezzature del Laboratorio PRINCE:**

- Simulatore eolico con potenza nominale fino a 60 kW;
- Impianto fotovoltaico da 50 kWp multitecnologie;
- cogeneratore con motore a combustione interna di potenza elettrica nominale 120 kWe,
- cogeneratore equipaggiato con turbina a gas di potenza elettrica nominale pari a 30 kW,
- un impianto di accumulo elettrico da 100 kW costituito da batterie Na-Ni,
- due flyweels di potenza uguale a 15 kW ciascuno,
- due carichi elettrici programmabili di potenza massima pari a 120 kW,
- Queste apparecchiature sono integrate in una Smart Grid sperimentale che include un inverter di interfaccia ed una architettura SCADA/DMS a due livelli per il monitoraggio ed il controllo in tempo reale della MicroGrid;
- Sala Controllo SCADA dotata di tre postazioni per la supervisione del funzionamento della MicroGrid e di altre 9 postazioni pe lo sviluppo di attività di formative rivolte alla gestione in linea di microreti intelligenti.
- Strumentazione per l'esecuzione di test di Elettroluminescenza su moduli e stringhe fotovoltaiche ad alta risoluzione per una facile individuazione dei moduli fotovoltaici affetti da fenomeno di degrado da effetto PID (Potential Induced Degradation), rotture bus di connessione celle, fratture di cella (cracks), diodi di bypass moduli danneggiati ecc.

**Grandi attrezzature del Laboratorio ZERO:**

- Real-time-Digital Simulator OPAL OP 5600 per la prototipazione rapida di apparecchiature elettriche e per prove e test del tipo Hardware-in-the-Loop;
- Convertitore 4 quadranti Thriphase PM15A30F60 da 15 kW e sua integrazione su microgrid per la prototipazione rapida di apparecchiature elettriche e per prove e test del tipo Power - Hardware-in-the-Loop;
- Microgrid sperimentale: La test facility della microgrid sperimentale è costituita da: un impianto fotovoltaico da 5 kWp, un sistema di accumulo elettrico da 10 kWh con batterie Li-Fe-PO4 con convertitori di interfaccia, aerogeneratore micro-eolico da 3.5 kW, un impianto sperimentale per la produzione di energia elettrica da biomasse della potenza di 45 kW, carico regolabile tramite inverter da 70 kW, una interfaccia con il Convertitore Thriphase per prove Power-Hardware-in-the-Loop, colonnina di ricarica elettrica da 22kW dispacciabile, Sistema di controllo e supervisione HMI.
- Strumentazione trasportabile per la verifica delle tarature di sistemi di protezione per le reti elettriche di distribuzione, ASITA SMC Mentor 12.
- Cluster di ventilatori e sensori per prove di aerogeneratori di piccola taglia (mini e micro-eolico);
- Strumentazione per prove ultrasoniche per la caratterizzazione non distruttiva della risposta meccanica dei materiali tramite misure di interferometria laser (QUARTET linear with 1W internal laser, Bandwidth : 1 MHz - 50 MHz / linear, 1 W ring cavity CW Laser at 532 nm, NdYAG pulsed Laser For Ultrasound generation, ottiche)
- Strumentazione per la caratterizzazione termofisica dei materiali, gas absorption analyzer, Picnometro a gas, camera climatica.

La realizzazione dei due laboratori e la gestione delle risorse associate al loro finanziamento hanno richiesto uno sforzo notevole del gruppo di ricerca, negli ultimi 5 anni, sia sul piano progettuale che amministrativo e gestionale.
La credibilità generata da queste nuove infrastrutture del Politecnico ha permesso di accedere a numerosi altri finanziamenti e progetti di ricerca riportati nelle Tabelle 5 e 6.
L'utilizzo dei nuovi laboratori ha implicato un deciso incremento della produzione scientifica degli ultimi anni dei componenti del settore, con una sempre maggiore incidenza degli articoli a rivista internazionale e di capitoli di libro, come rilevabile sul portale Scopus. Inoltre, i valori dell'ultima VQR 2011-2014 mostrano che il SSD ha avuto una crescita rilevante delle prestazioni della ricerca, con notevole incremento degli indicatori R e X, a fronte di crescite più ridotte degli altri gruppi dello stesso SSD a livello nazionale.
Alcuni temi sviluppati ed apparecchiature di eccellenza sono di interesse per lo sviluppo di Industria 4.0 e della SNSI. A questo riguardo si osserva che la scelta delle tematiche ed il nuovo indirizzo scientifico del gruppo, messo in atto sin dal 2011-2012, risulta perfettamente in linea con i nuovi indirizzi della Strategia Nazionale di Specializzazione Intelligente (SNSI) approvata dalla Commissione Europea Traiettorie tecnologiche di sviluppo a priorità nazionale in relazione alla voce 5.5.4 Industria intelligente e sostenibile, energia e ambiente: Traiettorie tecnologiche di sviluppo a priorità nazionale, che contiene:

- Processi produttivi innovativi ad alta efficienza e per la sostenibilità industriale
- Sistemi produttivi evolutivi e adattativi per la produzione personalizzata
- Materiali innovativi ed ecocompatibili
- Tecnologie per le smart grid, le fonti rinnovabili e la generazione distribuita

La vocazione verso il settore elettrico e dell'innovazione energetica della Puglia è dimostrata anche dalla presenza di uno dei maggiori progetti mondiali per la realizzazione di una Smart grid su scala regionale (Progetto Puglia Active Network di e-distribuzione nell'ambito dei progetti europei NER 300) che interessa la realizzazione di innovative cabine primarie e secondarie per una gestione più efficace ed affidabile delle reti di distribuzione elettriche.
Sui temi del monitoraggio, simulazione e integrazione di sistemi elettrici e industriali, il gruppo di ricerca è attivo da tempo anche con riferimento ad una attività conto terzi di rilievo. Si evidenzia inoltre che il laboratorio LabZERO è attrezzato con strumentazione avanzata (Software in the Loop, Hardware in the Loop e, soprattutto, Power Hardware in the Loop) per la Simulazione e Fast Manufacturing per la prototipazione rapida e ottimizzazione di processo e di prodotto con particolare riferimento al settore elettromeccanico e automotive (si tratta della stessa attrezzatura utilizzata da Toyota per lo sviluppo rapido della Prius).
Gli argomenti di ricerca sviluppati dal settore sono incentrati sull'integrazione e la gestione delle risorse di generazione distribuita e da fonte rinnovabile nei sistemi elettrici per l'energia e nei relativi mercati, nella sicurezza elettrica. Di particolare rilievo è lo sviluppo di studi riguardanti le Smart Grid e le Microreti per la gestione intelligente di diversi dispositivi di generazione, accumulo e consumo dell'energia elettrica e termica. Quest'ambito ha assunto negli ultimi anni un notevole interesse scientifico e tecnologico, testimoniato dal notevole numero di programmi di ricerca competitiva finanziati a livello locale, nazionale ed europeo.

#### *II.2.1.2.4. La ricerca nel settore ING-INF/01 – Elettronica*

L'attività di ricerca del settore viene svolta nei seguenti 8 laboratori.

***Laboratorio di microelettronica***

Presso il Laboratorio di Microelettronica, inserita nell'ambito delle attività strategiche del Dipartimento e in particolare nel campo dello sviluppo della sensoristica per applicazioni biomedicali e industriali, è attiva da alcuni anni una linea di ricerca che si occupa della caratterizzazione elettrica dei fotomoltiplicatori al silicio (SiPM), finalizzata alla definizione di un modello circuitale accurato in grado di descrivere fedelmente l'andamento del segnale generato dal rivelatore, quando esso è accoppiato a una elettronica di lettura di caratteristiche note. Un ulteriore e naturale sviluppo di questa attività di ricerca è rappresentato dallo studio delle configurazioni circuitali più vantaggiose per la lettura di questo tipo di rivelatori, in grado di sfruttarne al massimo le potenzialità, soprattutto in termini di accuratezza nelle misure del tempo di occorrenza degli eventi da rilevare. L'attività di ricerca nel campo della progettazione di elettronica integrata CMOS per rivelatori di particelle ha coperto anche altri ambiti applicativi fra cui lo sviluppo di un front-end multicanale per la lettura di rivelatori GEM da utilizzare per la misura della posizione del fascio in adroterapia oncologica. Inoltre, nell'ambito della collaborazione internazionale RD53 presso il CERN di Ginevra, è stato progettato e realizzato un prototipo di ADC a 12 bit, da utilizzare nel tempo nel nuovo chip di lettura dei pixel per gli esperimenti ATLAS e CMS.
Recentemente questa linea di ricerca si è ampliata grazie a una collaborazione con SLAC-Stanford, che mira alla progettazione di elettronica integrata di front-end con prestazioni adatte alle applicazioni Tof-PET: l'obiettivo è quello di realizzare prototipi e dimostratori a partire dal prossimo anno e di procedere con la loro caratterizzazione. In parallelo, la linea di ricerca che riguarda la caratterizzazione elettrica dei SiPM sarà indirizzata verso la validazione sperimentale delle linee guida per la progettazione dell'elettronica di front-end per i SiPM che sono state messe a punto con gli studi teorici finora condotti e pubblicati.

***Laboratorio di dispositivi elettronici***

"Modelling" dei Dispositivi Elettronici a semiconduttore
Caratterizzazione degli Effetti Termici nei Dispositivi Elettronici, ed in particolare dei dispositivi ad eterostruttura.
Modello di Dispositivi Optoelettronici basati su strutture PBG (Photonic BandGap).
Progetto e caratterizzazione di cavità risonanti-acceleranti su strutture PBG per adroterapia dei tumori
Progetto, realizzazione e test di sistemi elettronici per il monitoraggio della salute.
Caratterizzazione, progetto e test di sistemi elettronici nanometrici, dispositivi quantistici e FET su nanotubi di carbonio.

***Laboratorio di optoelettronica***

Il Laboratorio è impegnato in attività di ricerca che fanno capo a due Key Enabling Technologies, tra loro fortemente interconnesse e interdipendenti, individuate dalla strategia H2020: photonics e micro- and nano-electronics. Entrambe queste tecnologie abilitanti rivestono un ruolo essenziale in quel complesso processo di trasformazione che sta subendo in questi anni l'industria manifatturiera, che va sotto il nome di Industry 4.0, e risultano imprescindibili nel più generale processo di digital transformation che sta investendo l'economia e la società globale attraverso la diffusione pervasiva di paradigmi come l'intelligenza artificiale e l'internet-of-things. Inoltre l'interazione sinergica tra fotonica e micro/nano-elettronica sta assumendo un ruolo sempre più centrale nel settore economico in forte crescita della Space economy.
Da diversi decenni, il Gruppo di Ricerca si occupa di modelling, progettazione, fabbricazione e caratterizzazione di componenti e dispositivi optoelettronici e fotonici in guida d'onda per un ampio

spettro di applicazioni quali la navigazione inerziale, il biosensing, il beamforming e l'elaborazione del segnale sia ottico sia RF.
Gli argomenti su cui è attualmente concentrata l'attività di ricerca sono elencati nel seguito.

1. *Modelling*, progettazione e caratterizzazione di giroscopi optoelettronici miniaturizzati per l'industria aerospaziale e sviluppo delle relative schede elettroniche *mixed-signal* di *readout*.
2. Biosensori basati su micro-cavità fotoniche/plasmoniche, *nanotweezers* fotonici ed ibridi fotonici/plasmonici, dispositivi a micro- e nano-elettrodi per le principali sfide della medicina del futuro tra cui il contenimento della resistenza antimicrobica e la diagnosi precoce di neoplasie e patologie cardiovascolari.
3. Microfotonica integrata a microonde per *payload* satellitari innovativi e reti mobili 5G con lo sviluppo di reti di *beamforming* a larghissima banda basate su linee di ritardo accordabili, filtri accordabili per front-end RF riconfigurabili e oscillatori optoelettronici.
4. Matrici di commutazione basate su risonatori ad anello per *payload* TLC.
5. Dispositivi fotonici flessibili in grafene
6. Sviluppo di nodi sensori *wireless ulta low-power* per *Internet of Things* (IoT).
7. Sviluppo di sistemi avionici miniaturizzati per nanosatelliti da impiegare in missioni di *in-orbit demonstration*.

I risultati delle attività di ricerca svolte dal Laboratorio sono state valutate molto positivamente nell'ultima VQR disponibile e in occasione della ripartizione del fondo di finanziamento delle attività base di ricerca (FFABR).
Nei prossimi anni il Laboratorio, forte del know-how teorico/sperimentale acquisito su tecnologie di punta dotate di un forte potenziale abilitante, intende contribuire con la propria attività scientifica e di trasferimento tecnologico ad affrontare le sfide emergenti della digital transformation, dell'Industry 4.0 e della Space Economy intensificando le proprie attività sull'hardware microelettronico, nanoelettronico e fotonico per:

- sistemi avionici da impiegare nei velivoli ipersonici, nelle piattaforme per piccoli satelliti e nanosatelliti, nei payload innovativi;
- reti 5G;
- microsistemi lab-on-chip per la medicina 4P (predictive, personalized, preventive, participatory);
- sistemi di processing e computing per artificial intelligence e big data analytics.

***<u>Laboratorio di fotonica</u>***

Il Laboratorio di Fotonica svolge dal 2004 ricerche nell'ambito della optoelettronica e fotonica integrata, con oltre 100 lavori pubblicati su riviste internazionali ad alto impatto e svariate collaborazioni internazionali. Il gruppo di ricerca ha contribuito alla VQR di Dipartimento (sia nell'esercizio 2004-2010 che in quello 2011-2014) con un totale di dieci lavori, di cui nove in classe A (eccellenti) e uno in classe B (buono). Il gruppo sviluppa attualmente le seguenti tematiche:
Sviluppo di architetture, modelli fisico-matematici e progettazione di dispositivi fotonici attivi basati su semiconduttori III/V.
Sviluppo delle architetture, modelli matematici e progettazione di dispositivi fotonici in tecnologia del silicio SOI (Silicon Photonics), quali ad esempio: accoppiatori verticali insensibili alla polarizzazione, filtri add-drop e microcavità ottiche (microanelli, microdischi, microracetrack, microgear).
Ingegnerizzazione di dispositivi ottici integrati in tecnologia SOI (microring, cavità Fabry Perot, reticoli di Bragg) nelle applicazioni quali la sensoristica di sostanze liquide o gassose, il monitoraggio

ambientale di sostanze inquinanti disciolte in acqua, la rivelazione di gas ammoniaca, la biosensoristica, (analisi in situ del sangue e di antigeni).
Studio, sviluppo di modelli matematici e dimostrazione sperimentale degli effetti Fano e Vernier nella ottimizzazione della sensitivity di sensori fotonici: sensori di campo elettromagnetico e sensori chimici.
Sviluppo di modelli fisico-matematici per lo studio dell'evoluzione spazio-temporale di impulsi ottici in regime nonlineare, nei dispositivi fotonici basati sulla tecnologia del Group IV.
Studio e progetto di dispositivi fotonici nonlineari basati sullo Stimulated Raman Scattering (SRS), Four Wave Mixing (FWM), Two Photon Absorption (TPA), Self-Phase-Modulation (SPM) e Cross-Phase-Modulation (XPM) indotto dall'effetto Kerr, sia in guide d'onda SOI che in quelle basate sulla tecnologia del Germanio (Germanium on Silicon, Germanium on Silicon Nitride), quali ad esempio: Amplificatori di impulsi ottici corti, convertitore di lunghezza d'onda, generatori di impulsi solitonici, generazione supercontinua e generazione di armoniche.
Sviluppo di architetture, modelli fisico-matematici e progettazione di Laser Raman e Laser Brillouin.
Studio e progetto di giroscopi ottici basati su micro-risonatori ad anello passivi ed attivi (pompaggio elettrico, pompaggio ottico)
Sviluppo di modelli fisico-matematici per lo studio dell'influenza delle radiazioni ionizzanti e non ionizzanti sui dispositivi fotonici SOI.
Sviluppo di modelli e progettazione di dispositivi fotonici ad effetto termo ottico in tecnologia SOI (Photonic Devices for Telecommunications), da impiegare in nuovi dispositivi reconfigurable optical add-drop multiplexers (ROADM) e in filtri ottici riconfigurabili.
Sviluppo di modelli per la progettazione di guide ottiche slot in materiali polimerici per applicazioni sensoristiche in cui l'analita è considerato in soluzione liquida o gassosa.
Modello, progetto e realizzazione di sensori in fibra ottica basati su reticoli di Bragg chiusi in anelli risonanti, per la misura ad elevata sensibilità di strain e deformazioni.
Sviluppo dell'investigazione fisica sulla generazione di coppie di fotoni correlati ampiamente distanziati nello spettro ultravioletto (UV) e visibile su una piattaforma fotonica integrata AlGaN / AlN che è otticamente trasparente a queste lunghezze d'onda.
Sviluppo di modelli fisico-matematici, progettazione e realizzazione di architetture optomeccaniche per l'osservazione della condizione di parity time e broken parity time.
Sviluppo di modelli fisico-matematici e progettazione di architetture per l'amplificazione di forze ottiche e loro applicazione nel campo dell'opto-meccanica.
Sviluppo di modellizzazioni e simulazioni teoriche per il progetto di interruttori e filtri basati su interferometro risonante Mach-Zehnder (MZI) 2x2, operante alla lunghezza d'onda di ~ 1500 nm, realizzati su piattaforma di silicio su isolante e regolabile tramite effetto termo-ottico, per l'elaborazione ottica di segnali a microonde.
Sviluppo di modellizzazioni e simulazioni per il progetto di un sistema integrato a microonde ottico su chip per la ricostruzione del segnale basato sullo spettrometro digitale a trasformata di Fourier (dFTS).
Investigazione, analisi e progetto di reti ottiche passive.

***<u>Laboratorio di elettronica delle alte frequenze</u>***

Sistemi di rilevazione della posizione a microonde/onde millimetriche – La ricerca ha come obbiettivo lo sviluppo di un sistema complesso per la rilevazione tridimensionale cooperativa di un oggetto, con una precisione millimetrica o, addirittura, sub-millimetrica. Lo scenario applicativo è quello delle applicazioni biomedicali (ipertemia per la cura tumori) o dell'automazione industriale. In realtà la ricerca ha più di un filone, mirando allo sviluppo, in primo luogo, di una architettura

innovativa, introducendo anche algoritmi complessi, oltre che allo sviluppo delle parti circuitali operanti tanto a radiofrequenza che nel dominio del digitale (FPGA).
Sistemi per il controllo della fase di segnali a RF – La ricerca ha portato già all'introduzione di una tecnica innovativa full-digital che va nella direzione della implementazione di ricetrasmettitori che rispondano al paradigma SDR (SW Defined Radio). Lo scenario applicativo è, in primo luogo, quello della radiantistica, per applicazioni a cortine di antenne fasate, tanto nel dominio delle applicazioni RADAR che in quello più generale delle applicazioni indoor con servizi a divisione spaziale (IoT). Attualmente è in via di sviluppo una applicazione per la misura della distanza per applicazioni di automazione industriale.
Progettazione di circuiti a RF con tecniche di ottimizzazione del tipo gm/Id – La ricerca mira a definire strumenti ottimizzati per il disegno su chip di circuiti analogici operanti a RF per applicazioni UWB (2-10 GHz).
Sistemi wireless per lo AAL e la domotica – La ricerca, spesso articolatasi nell'ambito di progetti nazionali e regionali di ricerca, si rivolge allo sviluppo di unità intelligenti compatte che operino in forma non cablata e dirette all'assistenza di persone parzialmente abili (malati cronici, anziani etc.) con possibili impieghi anche nell'ambito più generico della domotica. Un aspetto particolarmente interessante della ricerca è quello rivolto allo sviluppo di apparati per la diagnosi precoce della demenza senile, ricerca portata avanti in collaborazione con operatori sanitari del settore.

***Laboratorio di elettronica per l'elaborazione del segnale***

Il personale del laboratorio di elettronica per l'elaborazione del segnale effettua ricerca principalmente nelle seguenti 6 aree tematiche.

*Progettazione di dispositivi per sistemi radiografici digitali.* Nel laboratorio in oggetto sono stati analizzati e progettati prototipi di rivelatori di raggi X sia con architettura a matrice di pixel che a microstriscia, su substrati di GaAs. Il comportamento del dispositivo è stato modellizzato tenendo in considerazione il fenomeno dell'intrappolamento/riemissione delle coppie elettrone-lacuna generate dalla radiazione ionizzante. I risultati numerici ottenuti dalle simulazioni sono in buon accordo con il comportamento elettrico del dispositivo verificato sperimentalmente

*Sviluppo di procedure nell'ambito dell'elaborazione automatica di immagini digitali.* In merito all'argomento, nel laboratorio di Elettronica per l'Elaborazione del Segnale sono stati messi a punto dei sistemi CADe (Computer Aided Detection) e CADx (Computer Aided Diagnosis) automatici in grado di individuare e localizzare sia le microcalcificazioni che i cluster all'interno di immagini mammografiche. Le procedure implementate permettono di rilevare le microcalcificazioni evitando calibrazioni manuali di parametri specifici da parte dell'operatore. I risultati ottenuti hanno evidenziato la validità dei metodi e la loro indipendenza dalla tipologia di tessuto (es. denso o con prevalenza di grasso) e dalla particolare forma del cluster.

*Sviluppo di procedure nell'ambito dell'elaborazione di segnali monodimensionali real-time.* Al fine di fornire uno strumento utile per l'individuazione in tempo reale di patologie cardiache critiche, sono state messe a punto delle procedure real-time per la localizzazione di punti caratteristici sia nel segnale ECG che nel segnale ICG. I risultati ottenuti in termini di sensitività e predittività positiva hanno evidenziato la validità del metodo e la sua immunità ad eventuali artefatti presenti nei segnali in analisi.

*Studio e progettazione di sistemi di acquisizione e memorizzazione di dati biomedicali ed ambientali e di moduli di ricezione e trasmissione di tali dati.* Nell'ambito di tale tematica nel Laboratorio sono stati progettati e valutati sistemi utilizzanti dispositivi RFID per specifiche applicazioni. Il design è stato sia di tipo ASIC che con ricorso all'uso di FPGA.

*Analisi e sintesi di circuiti digitali complessi ed uso di dispositivi programmabili.* Nel laboratorio in oggetto, sono stati analizzati e sintetizzati circuiti complessi di svariata natura. Le metodologie utilizzate e gli accorgimenti hardware presi hanno permesso di ottenere sistemi ottimizzati in termini di costi e prestazioni. Particolari soluzioni sono state scelte per la risoluzione della problematica delle alee notevolmente critica per il corretto funzionamento dei sistemi sequenziali asincroni. Sono stati, inoltre, sintetizzati dei circuiti complessi sfruttando algoritmi hardware seguendo un approccio controller-data path. In tal modo sono stati progettati sia i circuiti digitali deputati ad effettuare operazioni di data-processing che la sezione di controllo in grado di supervisionare lo svolgimento di tali operazioni definendone, anche, l'ordine temporale di esecuzione.

*Studio di metodologie e architetture per il monitoraggio.* Nel laboratorio in oggetto, sono stati ricercati, ideati e progettati sistemi per il monitoraggio in tempo reale di individui in ambienti indoor basati su rete Bluetooth Low Energy (BLE), in grado di combinare il parametro RSSI (Received Signal Strength Indicator) con sensori inerziali e magnetici.

***Laboratorio di Elettronica dei Sistemi e delle Applicazioni Digitali (ELEDIGILAB)***

Progetto, ottimizzazione e prototipazione con FPGA e microcomputer di sistemi digitali in applicazioni di telemedicina, diagnostica medica avanzata, home care e domotica.
Sviluppo ed implementazione su FPGA di dispositivi elettrocardiografici ed algoritmi di machine learning e deep learning per il rilevamento automatico dei potenziali ventricolari ritardati (VLP), per la prevenzione di aritmie maligne. Sviluppo di app e GUI in ambiente MATLAB per l'interfacciamento di sistemi digitali innovativi con PC, smartphone e tablet. Caratterizzazione di CNTFET per applicazioni digitali e progetto di sistemi digitali con CNTFET in ambiente Simscape/Simulink.

***Laboratorio di Progettazione di Sistemi Elettronici integrati***

Il laboratorio DEIS Lab (http://dee.poliba.it/deis/index.html) è un Livinglab Regionale con sede nel Politecnico di Bari, confluito nella rete europea European Network of Living Labs (EnoLL).
Il DEIS Lab rappresenta il Politecnico di Bari, come "nodo" del Laboratorio Nazionale CINI, "Embedded Systems & Smart Manifacturing".

Gli interessi scientifici, sviluppati attraverso numerosi progetti nazionali, europei e regionali, riguardano la progettazione di sistemi elettronici integrati dotati di sensori e biosensori intelligenti, con particolare focus ai circuiti di read-out degli stessi. Più recentemente si sono sviluppati cyberphysical systems per il monitoraggio ambientale e salute (sensori di monitoraggio ambientali, elettronica di interfaccia e FPGA con embedded tool di monitoraggio e classificazione dei dati basati su algoritmi di Machine Learning). Il DEIS Lab collabora con numerose università, aziende e centri di ricerca internazionali oltre che nazionali e regionali.

Linee di ricerca attuali sviluppate in ambito di progetti finanziati:

- Realizzazione di algoritmi implementabili in hardware per Brain Computer Interface e diagnostica m-Health.
- Analisi ed elaborazione di bio-segnali (EEG ed EMG) in tempo reale con prototipazione su FPGA.
- Implementazioni di Cyber Physical System per applicazioni healthcare.
- Interfacce di sensori e biosensori.

- Realizzazione di tool diagnostici basati su FPGA per: prevenzione della caduta, monitoraggio del Parkinson.
- Rilevazione di marker per neuropatie di tipo diabetico mediante EMG.
- Realizzazione di tool per l'ottimizzazione automatica del progetto di circuiti elettronici.
- Wireless Sensors Network per la certificazione, la sicurezza e la corretta conservazione di merci deperibili.

Linee di ricerca da svilupparsi nel triennio 2018-2020 in ambito di progetti approvati:

- Attuazione meccatronica in ambito autonomous driving e prostetico basata su acquisizione wireless di bio-segnali, in particolare EEG, e in risposta ad algoritmi di BCI.
- Classificazione della progressione di malattie degenerative neurologiche mediante analisi del cammino con monitoraggio di EEG e EMG.
- Introduzione in contesti di Ambient Assisted Living (AAL), di robot pilotabili con potenziali motori.
- Studio ed implementazione di biofeedback per la prevenzione della caduta mediante esoscheletro.
- HIV Integrated Platform for Point-Of-Care Rapid Analysis and Therapy Evaluation and Screening.
- Progetto di circuiti low power per la lettura dati e trasmissione di potenza per tag impiantati in tecnologia RFID.
- Circuiti per la cybersecurity.

#### *II.2.1.2.5. La ricerca nel settore ING-INF/02 – Campi Elettromagnetici*

Il settore ING-INF/02 sviluppa attività di ricerca inerenti allo sviluppo e l'applicazione ingegneristici di componenti, circuiti e sistemi elettronici ottici e fotonici integrando, quindi, aspetti teorici, numerici, sperimentali ed applicativi a radiofrequenza, microonde, onde millimetriche, TeraHertz fino all'infrarosso. Le principali tematiche riguardano la propagazione libera e guidata; le antenne; la compatibilità e metrologia elettromagnetica; i componenti, circuiti e sistemi a microonde, fotonici e ottici; le fibre ottiche e fibre a cristallo fotonico in regime lineare e non lineare; i componenti a microonde e ottici basati su materiali bidimensionali come il grafene; la diagnostica elettromagnetica; le interazioni con materiali artificiali, nanostrutturati e metamateriali, le interazioni con sistemi biologici e biofotonica; sensori e trasduttori.

I risultati delle attività di ricerca sono stati valutati molto positivamente in occasione della ripartizione del fondo di finanziamento delle attività base di ricerca (FFABR) e nell'ultima VQR disponibile, classificandosi al quinto posto a livello nazionale rispetto a gruppi italiani dello stesso SSD e al secondo posto fra i SSD dell'area 09 del Politecnico di Bari.

Le attività di ricerca vengono svolte nei seguenti laboratori: Campi Elettromagnetici e Telecomunicazioni – del Centro Magna Grecia a Taranto, Compatibilità Elettromagnetica Industriale, Laboratorio regionale di sintesi e caratterizzazione di nuovi materiali organici e nanostrutturati per elettronica, fotonica e tecnologie avanzate, nanoPhotonics and Electromagnetics Group (nPEG) Laboratories, Ottica Integrata, Camera Pulita, Scambio ionico e Laboratorio tecnologico.

Le principali attrezzature presenti nei laboratori sono:

1. Ellissometro spettrometrico.
2. Surface Profiler measuring system completo di software e PC.

3. Clean room in classe 100-1000 equipaggiata con cappe chimiche, forno termostatato per la fabbricazione di guide d'onda per scambio ionico, spin coater e impianto di sputtering per la deposizione di film sottili in alto vuoto.
4. setup per la caratterizzazione di nano-dispositivi nell'intervallo di lunghezze d'onda 200-1100 nm equipaggiato con microscopio confocale e spettrometro ottico.
5. setup per la caratterizzazione di dispositivi planari per misure di trasmissione/riflessione equipaggiati con laser accordabili, analizzatore di spettro ottico, videocamera VIS/NIR, amplificatore EDFA.
6. Stazione per saldatura e lavorazione di fibre ottiche Splicer Vytran GPX PTR; Stazione per il rivestimento di fibre ottiche Vytran PTR Fiber Optic Recoater Fiber.
7. Laser in fibra ottica ad itterbio CW da 30 W; Laser in fibra ottica ad itterbio CW da 100 W – Liekky; Alimentatore Sorensen; Sistema di diagnostica della qualità M2 di fascio laser - Nanoscan; Telecamera ad infrarossi per rilevamento campo IR; Amplificatore EDFA; Spettrometri UV-VIS ; Microscopio ottico OPTICA SZM; Analizzatore di spettro ottico R&S OSA 350 - 1000 nm.
8. Stazione di prototipazione di circuiti PCB per scrittura con laser UV ed a microonde LPKF ProtoLaser U3; Impianto di metallizzazione LPKF Electroplating of Through-Holes; Pressa per circuiti stampati LPKF MultiPress S.
9. Camera anecoica con sistema completo per la caratterizzazione di antenne sino a 18 GHz SATIMO StarLab Antenna Test Station (SL18).
10. Misuratore campo elettromagnetico MPB AF e BF; Ricevitore EMI con analizzatore di spettro R&S ESU EMI Test Receiver; Rete LISN R&S ENV216 LISN EUTs: 9 kHz to 30 MHz; Generatore di segnale RF R&S SMB100A RF; Analizzatore di spettro Agilent FieldFox 18 GHz; Analizzatore di spettro e di reti portatile sino a 3 GHz R&S FSH3 handheld; Analizzatore di reti Agilent N5224A PNA Microwave Network Analyzer: 10 MHz to 43.5 GHz, 2-ports, time domain option; SET di antenne: R&S HL050 Antenna; R&S HF907; R&S HL040; Sonde di Campo e.m vicino per misure EMI; Stazione di monitoraggio elettromagnetico Narda Area Monitor System 2600; Misuratore di campo elettromagnetico Narda 8053-2004/40.

Di seguito si riportano le principali linee di ricerca sviluppate dai Ricercatori del SSD.

**Antenne e beam forming per sistemi 5G**

I sistemi di comunicazione 5G mirano a fornire una copertura elettromagnetica in ambienti out-door ed in-door consentendo la trasmissione di informazioni con tecnologie wireless, riducendo il dispendio energetico e l'esposizione ai campi elettromagnetici mediante metodi di puntamento elettronico del lobo principale delle antenne e di beam forming. Per tali apparati, l'attività di ricerca mirerà allo studio di schiere di antenne di tipo phased-array, ottimizzate ad hoc e pilotate da circuiti a microonde per la distribuzione di segnali instradati in dorsali in fibra ottica opportunamente interfacciate.

**Graphene photonics per lo spazio**

Il gruppo di ricerca ha di recente dimostrato la realizzazione di antenne completamente trasparenti e planari che potranno essere impiegate come building block in sistemi innovativi di beam-steering tunabili e a bassa potenza alle frequenze delle microonde per applicazioni satellitari (costellazioni). Il peso ridotto e la trasparenza ottica consentiranno la piena integrazione di questa tecnologia con i sistemi di alimentazione (fotovoltaico). La tecnologia al grafene apre anche nuove prospettive per la realizzazione di sistemi di schermatura per le radiazioni. La realizzazione di strutture fotoniche assistite da grafene permetterà la messa a punto di innovativi dispositivi (quali linee di ritardo, modulatori, detector, sensori e assorbitori) per le comunicazioni ottiche inter- e intra-satellitari e link ottici per il collegamento verso terra.

**Microwave photonics**
Le tecnologie fotoniche basate su sistemi in fibra ottica, ottica integrata, componenti elettro-ottici, optoelettronici, sistemi plasmonici sono alla base dell'innovazione nell'ambito delle applicazioni dell'ICT nelle sue diverse aree: comunicazioni, sensing ed elaborazione dei segnali. I dispositivi fotonici assolvono diverse funzioni come oscillatori ottici a basso rumore di fase, distribuzione di oscillatori locali, generatori di forme d'onda, beam-forming ottico, router ottici, transponder ottici, amplificatori in fibra ottica, schiere di antenne fasate, modulatori, ecc. In ambito aerospaziale, l'attività di ricerca è dedicata allo sviluppo di soluzioni ibride microonde/fotoniche di componenti per lo spazio. Le tecniche di Microwave Photonics saranno applicate anche al controllo della fase del campo accelerante in impianti di accelerazione di fascio protonico.

**Cristalli fotonici e metamateriali per le telecomunicazioni e il sensing**
L'attività di ricerca mira allo studio, fabbricazione e caratterizzazione di nanostrutture periodiche e aperiodiche realizzate in tecnologia a cristalli fotonici monodimensionali e bidimensionali, metamateriali, interferometri Mach-Zehnder, micro-cavità ottiche in silicio e nitruro di silicio per le telecomunicazioni ottiche, sistemi LIDAR e per la sensoristica. Particolare attenzione sarà dedicata allo studio di effetti non lineari per la generazione di seconda e terza armonica e dispositivi "all-optical".

**Nano-antenne plasmoniche per le comunicazioni ottiche wireless on-chip**
Le comunicazioni wireless su scala nano- e micrometrica applicate alle reti ottiche su chip (NoC) possono migliorare notevolmente l'efficienza computazionale dei futuri chip multiprocessore (CMP). In questa attività si affronta lo studio, il progetto, la fabbricazione e la caratterizzazione di nanoantenne plasmoniche ad apertura tipo Vivaldi accoppiate a guide d'onda in silicio per applicazioni nelle reti e dispositivi ottici, caratterizzate da un efficiente trasferimento di potenza tramite accoppiatori ibridi silicio-plasmonici. Sviluppi futuri riguardano il progetto di array di antenne che consentono di incrementare la direttività e guadagno, necessari per compensare le inevitabili elevate perdite di propagazione nelle comunicazioni ottiche wireless.

**Guide d'onda e cavità risonanti in cristalli fotonici mesoscopici**
L'obiettivo dell'attività di ricerca è lo studio di strutture guidanti e cavità risonanti in regime di autocollimazione mesoscopica. Questo regime si ottiene in strutture che alternano zone di materiale omogeneo a zone di cristallo fotonico, potenzialmente attive. In presenza di pompaggio, è possibile ottenere un tuning spettrale della struttura attiva e, verosimilmente, un'emissione laser in regime di autocollimazione. L'attività di ricerca riguarda tre aspetti fondamentali: 1) modellizzazione di strutture ad autocollimazione mesoscopica, 2) progettazione, 3) fabbricazione e caratterizzazione. Tali strutture possono essere utilizzate per applicazioni nell'ambito del sensing, routing di segnali, trapping di nanoparticelle, o per la realizzazione di laser in presenza di materiali attivi.

**Tweezer plasmonici selettivi per l'intrappolamento di nanoparticelle**
L'intrappolamento ottico e il tweezing sono tra le tecniche più promettenti per la rilevazione di particelle con dimensioni al di sotto della lunghezza d'onda. L'attività di ricerca mira ad approfondire la comprensione dei tweezer plasmonici, mediante l'implementazione di modelli numerici efficienti, alla progettazione di dispositivi plasmonici per intrappolamento selettivo e il rilevamento di particelle con dimensioni inferiori a 500 nm e alla fabbricazione e caratterizzazione di strutture plasmoniche per applicazioni lab-on-chip.

**Amplificatori e laser in fibra ottica e in ottica planare operanti alle lunghezze d'onda del medio infrarosso**
L'attività di ricerca riguarda: l'impiego di innovativi vetri calcogenuri e fluoridrici drogati con terre rare (Dy3+, Pr3+, Tb3+), la progettazione e realizzazione di nuovi schemi di pompaggio ottico, lo sviluppo di sistemi a doppia o tripla pompa ottica finalizzati al superamento dei limiti degli schemi di pompaggio tradizionali al fine di ottenere guadagni ottici più elevati. Possibili applicazioni nel campo del sensing ottico e nelle comunicazioni ottiche nel medio infrarosso.

**Cavità risonanti alle microonde**
L'attività di ricerca riguarda il progetto e l'ottimizzazione mediante software home made di cavità risonanti alle microonde per acceleratori lineari di protoni, con particolare applicazione all'ambito di innovative tecniche di radioterapia (protonterapia) allo scopo di incrementare il gradiente di accelerazione e applicabili alla realizzazione di acceleratori lineari di protoni; cavità a band-gap alle microonde. L'uso di tecniche di Microwave Photonics con l'impiego di fibre ottiche consentirà di realizzare innovativi sistemi di alimentazione di acceleratori lineari caratterizzati da un più accurato controllo della fase del campo accelerante, maggiore modularità, minore ingombro e minori costi.

**Antenne e dispositivi a microonde**
L'attività di ricerca riguarda il progetto, la realizzazione e caratterizzazione di antenne e dispositivi a microonde di tipo SIW (Substrate Integrated Waveguides) per biomedicina, comunicazioni satellitari, aerospazio, il progetto di sistema di antenne per la comunicazione bordo-terra in un sistema Hyperloop ferroviario.

**Applicatori a microonde per ablazione di tipo termico del tumore**
L'attività di ricerca riguarda in particolare l'ottimizzazione dell'apertura radiante, della sezione di adattamento elettromagnetico al variare del tessuto biologico, lo studio termico ed elettromagnetico del radiatore.

**Elettrodinamica computazionale**
È stato sviluppato un nuovo algoritmo FDTD 3D (2 dimensioni spaziali e una temporale) e dispersivo per lo studio della propagazione di impulsi elettromagnetici in mezzi dielettrici con risposta di tipo "power-law". In seguito, si svilupperà la versione 4D a derivata frazionaria nel dominio del tempo, si intende generalizzare l'algoritmo implementando gli operatori divergenza e rotore nello spazio frazionario.

**Dosimetria computazionale**
Tale attività riguarda l'analisi multifisica (equazioni di Maxwell + bioheat equation + termoregolazione) dell'interazione del campo elettromagnetico con i mezzi biologici. Le prospettive future riguardano l'estensione del modello allo scopo di includere anche alcuni effetti non termici legati al fenomeno dell'elettroporazione e dei campi elettrici pulsati.

**Amplificatori in fibra ottica per applicazioni spaziali**
Allo stato attuale è stato sviluppato un modello matematico multifisico tramite il quale è possibile studiare l'influenza degli effetti termici sulle caratteristiche degli amplificatori ottici e laser drogati con terre rare in presenza di radiazioni ionizzanti. Tale attività proseguirà con lo sviluppo di una interfaccia user friendly integrata, il progetto di amplificatori multistadio per comunicazioni spaziali ad elevato bit rate e per missioni spaziali a lunga durata.

#### *II.2.1.2.6. La ricerca nel settore ING-INF/03 – Telecomunicazioni*

Il Settore Scientifico Disciplinare ING-INF/03 (Telecomunicazioni) svolge attività scientifica e didattica sui fondamenti teorici e sulle tecnologie dell'informazione e della comunicazione che

caratterizzano la “società dell’informazione”, contribuendo in maniera determinante all’innovazione di settori quali lavoro, produzione, comunicazioni personali e sociali, media, trasporti, sicurezza, salute, ambiente. Caratteristica specifica del settore è quella di coniugare le metodologie di base delle telecomunicazioni con la progettazione di sistemi interconnessi complessi in continua evoluzione (quali, ad es., smart cities, industria 4.0, cyber-physical systems, Internet- of-Things, homeland security), in modo da individuare soluzioni ingegneristiche innovative nel rispetto dei vincoli di affidabilità, qualità del servizio, ottimizzazione delle risorse e sostenibilità. Tale peculiarità permette sia di soddisfare le esigenze dei comparti industriali di riferimento che di fornire un essenziale contributo metodologico in ambiti interdisciplinari quali ad esempio l’aerospaziale, la bioingegneria, la difesa, la sanità.

I docenti del Settore Scientifico Disciplinare ING-INF/03 – Telecomunicazioni afferiscono a tre laboratori di ricerca: Laboratorio di Telematica, Laboratorio di Elaborazione Numerica dei Segnali, e Laboratorio di Segnali e Sistemi per le Telecomunicazioni. Per ciascuno di essi, si riporta una sintesi delle principali linee di ricerca consolidate ed in via di sviluppo.

Il gruppo di ricerca afferente al **Laboratorio di Telematica** (telematics.poliba.it) del Politecnico di Bari, del settore scientifico disciplinare ING-INF/03, studia e sviluppa soluzioni ICT di frontiera nei settori dell’Internet of Things (IoT) e Industrial Internet of Things (IIoT), delle reti di 5° generazione (5G), dell’Internet del Futuro, e delle reti su scala nanometrica. Per ognuno di questi settori, le numerose attività, supportate altresì da progetti di ricerca regionali, nazionali (es. progetti PON e progetti finanziati dal MISE) e internazionali (es. progetti H2020), possono essere classificate mediante le principali linee di ricerca riassunte di seguito:

1. Progettazione e sintesi di architetture di rete energeticamente efficienti per il monitoraggio ed il controllo di sistemi e scenari intelligenti (come Smart Grid, Smart City, Smart Building e Smart Industry), in grado di offrire stringenti requisiti di qualità (latenze e goodput) e limitati consumi energetici (basso duty cycle). Particolare interesse è rivolto a servizi Machine-to-Machine in ottica Industria 4.0 ed Internet of Drones (IoD), abilitate mediante le emergenti tecnologie di comunicazione come IEEE 802.15.4, BLE, LoRaWAN, 6tisch, SigFox, NB-IoT.
2. Studio, analisi ed ottimizzazione di protocolli di instradamento delle informazioni e tecniche innovative per l’accesso al mezzo di comunicazione basati su ‘open standard’ di riferimento per IoT, IIoT, 5G e Future Internet (si pensi ad esempio alle attività condotte nei gruppi di standardizzazione a livello internazionale come IETF 6tisch e IRTF ICNRG).
3. Studio, analisi e ottimizzazione di protocolli di comunicazione ed algoritmi per la gestione flessibile di risorse esposte attraverso l’interfaccia radio o presenti nella core network di reti 5G. Al fine di supportare la fruizione di servizi innovativi ed eterogenei (come applicazioni video pervasive, capacità di accesso a banda larga, connettività senza interruzioni con un'elevata velocità di utilizzo, servizi legati alle comunicazioni estreme, in tempo reale e con elevato livello di affidabilità), le attività di ricerca abbracciano numerose tecnologie abilitanti il 5G, come massive MIMO, Non Orthogonal Multiple Access, NB-IoT, network slicing, e Mobile Edge Computing.
4. Progettazione e sviluppo di middleware de-verticalizzanti in grado di offrire un accesso sicuro, controllato e distribuito a risorse eterogenee esposte da domini e piattaforme differenti, distribuite su larga scala ed opzionalmente federate. In questo caso, le attività mirano ad usare strumenti tecnologici ampliamente usati e riconosciuti nella comunità scientifica internazionale (come ad esempio oneM2M) e soluzioni di frontiera basate su metodologie data-centriche, ancora in fase di standardizzazione (come ad esempio il middleware ICN-IoT proposto all’interno del gruppo di lavoro IRTF ICNRG).

5. Progettazione e sviluppo di architetture di rete e protocolli di comunicazione per l'Internet del Futuro basati su approcci data-centrici (come ad esempio Information Centric Networking), Network Function Virtualization (NFV) e Software Defined Networking (SDN). Le attività di ricerca mirano ad affrontare problematiche relative a domini differenti, incluso le reti ottiche a banda ultra-larga.
6. Studio, analisi e ottimizzazione di architetture e protocolli di comunicazione per reti nanometriche basate sulla diffusione molecolare o trasmissione di onde elettromagnetiche nella banda dei Terahertz.
7. Progettazione e sviluppo di architetture e protocolli di sicurezza flessibili e adattabili a differenti scenari applicativi afferenti a IoT, IIoT, Internet del Futuro e reti nanometriche, in grado di offrire confidenzialità della comunicazione, autenticazione degli utenti, accesso controllato alle risorse basato su attributi, supportando allo stesso tempo scenari distribuiti, eterogenei, federati, e multi-autority.
8. Sviluppo di modelli analitici e software di simulazione per l'analisi delle prestazioni di reti IoT, IIoT, 5G, Internet del Futuro e reti nanometriche.

Il gruppo di ricerca afferente al **Laboratorio di Elaborazione Numerica dei Segnali** si occupa delle seguenti tematiche di ricerca:

1. Multichannel/Distributed Synthetic Aperture Radar: sistemi radar ad apertura sintetica (radar attivi alle microonde) distribuiti per acquisizione multipla o su più piattaforme. La ricerca riguarda l'ottimizzazione delle performance al variare di una serie di fattori che coinvolgono aspetti di sistema (dimensione antenne, distanza tra le piattaforme, potenza in trasmissione) e aspetti economici e di design ('dimensione' satellite, minimo hardware richiesto, etc).
2. Analisi Statistica Multivariata su immagini diffrattometriche da raggi X. Il tema riguarda la possibilità di recuperare informazioni 3D di una forma cristallina (di molecole o composti inorganici) a partire da una serie di spettri di diffrazione da raggi X. Si utilizzano tecniche di analisi multivariata e deconvoluzione di sorgenti, che implicano la soluzione di problemi di ottimizzazione vincolata e l'uso di trasformate come FrFT e la Wigner-Ville.
3. Generazione di mappe tematiche da sensori multi- / iper- spettrali nel visibile e infrarosso. La ricerca riguarda la possibilità di generare mappe di permeabilizzazione del suolo (uso del suolo non più recuperabile, tema di interesse per le varie agenzie per l'ambiente), a partire da immagini di sensori nel visibile e IR. La ricerca prevede anche la possibilità di generare mappe pansharpened, cioè mappe che sono la fusione di mappe ad alta risoluzione pancromatiche (una sola banda) e mappe a più bassa risoluzione a più bande. La ricerca coinvolge tecniche di decomposizione ortogonale quale trasformate, wavelet e analisi multirisoluzione.

Il gruppo di ricerca afferente al **Laboratorio di Segnali e Sistemi per le Telecomunicazioni** (http://sstlab.it/) si occupa delle seguenti tematiche di ricerca:

1. Video Sorveglianza e applicazioni di computer vision con applicazioni in:
    - Analisi dei comportamenti, tracking, riconoscimento, biometria, emozioni
    - Ricostruzione 3D da point clouds ottenute con sistemi a scansione laser, luce strutturata e/o visione stereo o multicamera
    - Analisi di immagini/video per applicazioni industriali nel controllo non distruttivo
    - Analisi di contenuto semantico video
    - Codifica e compressione di segnali, immagini e video
2. Elaborazione di segnali Multidimensionali

- Acquisizione e elaborazione di dati da schiere di sensori (microfoni, telecamere, sensori ambientali)
- Tecniche statistiche di analisi di dati multidimensionali
- Reti complesse per l'analisi di dati numerici e serie temporali numeriche con applicazioni in sistemi di neuroimaging.

#### *II.2.1.2.7. La ricerca nel settore ING-INF/04 – Automatica*

L'Automatica è un Settore Scientifico Disciplinare (SSD) tradizionalmente di interesse interdisciplinare, in quanto si basa su un approccio metodologico di carattere matematico. Il ruolo dell'automatica nel mondo dell'innovazione scientifica e tecnologica è sempre stato di primaria rilevanza, e vive al momento attuale un'ulteriore fase di rapida crescita. I paradigmi dettati dagli organismi scientifici e produttivi nazionali ed internazionali, quali ad esempio le linee programmatiche di Horizon2020 e di Industria4.0, indicano il sempre crescente uso delle tecnologie proprie delle aree dell'informatica e dell'automatica come strumenti per raggiungere nuovi standard nella qualità della vita (incremento della sicurezza e del benessere) e della produzione (efficienza e qualità della produzione, impatto e sostenibilità ambientale).

In dettaglio, attualmente l'Automatica è in fase di crescita in quanto alla base delle seguenti innovazioni al centro dell'agenda della ricerca sia nazionale che internazionale:

1. Automazione Industriale (Industria 4.0)
2. Automotive
3. Controllo di sistemi a rete, sistemi a larga scala, cyber-physical systems
4. Controllo di sistemi elettrici
5. Guida autonoma (auto, UAV, droni)
6. Information and communication technologies
7. Intelligenza artificiale (reti neurali, machine learning, adaptive learning)
8. Logistica e Intelligent Transportation Systems
9. Meccatronica
10. Robotica
11. Smart cities
12. Sistemi sanitari (Healthcare systems)

Seguendo i personali e diversificati interessi scientifici, i docenti dell'SSD hanno fatto propri questi paradigmi acquisendo competenze specifiche in uno spettro molto ampio di ambiti in cui l'automatica riveste un ruolo fondamentale. Di seguito si riporta una lista di alcuni tra i risultati di pregio ottenuti in ambiti molto diversi dai docenti del settore.

1. Conseguimento di Awards importanti (Google Award, Cisco award) nel settore del controllo dei sistemi di telecomunicazioni.
2. Conseguimento di 2 IEEE fellow members.
3. Assegnazione della progettazione del sistema di controllo del nuovo propulsore a turboelica di General Electric Aviation al laboratorio pubblico-privato presso il Politecnico di Bari.
4. Finanziamento di numerosi progetti regionali e nazionali e di 6 progetti Europei H2020 nelle aree di interesse del settore.
5. Creazione di Laboratori Pubblico/Privati sostenuti dal Politecnico sull'automazione nel settore agroalimentare (Arol Spa e Casillo Spa) che vedono coinvolti docenti del settore.
6. Coinvolgimento di docenti del settore in ulteriori due Laboratori Pubblico/Privati sostenuti dal Politecnico (GE Avio, Bosch/CVIT).

7. Promozione di significative attività di trasferimento tecnologico attraverso 3 aziende spin-off del Politecnico che fanno capo al SSD.
8. Numerose collaborazioni scientifiche attive sia a livello nazionale che internazionale con gruppi di ricerca sia teorici che sperimentali.

Questa lista, tutt'altro che esaustiva, testimonia il costante e forte impegno di tutti i docenti dell'SSD nello svolgimento di attività di ricerca e trasferimento tecnologico.
Nel dettaglio, l'SSD ING-INF/04 è composto da 9 docenti strutturati, tutti afferenti al DEI: 3PO, 1PA, 3RTI, 1RTDB, 1RTDA.
Il gruppo si distingue in tutto l'Ateneo e nel panorama italiano per la qualità dell'attività di ricerca e per il livello scientifico dei suoi componenti, come dimostrato dalle banche dati Scopus o Web of Science. Infatti, nelle ultime due valutazioni quadro della ricerca il gruppo si è posizionato rispettivamente al terzo ed al quinto posto in Italia a livello nazionale rispetto a gruppi italiani dello stesso SSD, superato prevalentemente solo da sedi con gruppi di dimensione minore.
I docenti del SSD ING-INF/04 – Automatica afferiscono a 4 laboratori di ricerca. Di seguito vengono riportate le più importanti linee di ricerca e sviluppo afferenti a tali laboratori.

***Laboratorio di Control of Computing and Communicating Systems-C3LAB***

Il laboratorio di Control of Computing and Communicating Systems - C3LAB (https://c3lab.poliba.it) ha i seguenti obiettivi di ricerca:

**Controllo di Sistemi Connessi in Rete**
Studio e sviluppo di algoritmi di controllo per applicazioni quali lo streaming adattativo di video in Realtà Aumentata e Realtà Virtuale (AR/VR), il controllo di congestione per flussi real-time, la gestione delle risorse in reti 5G, SDN e in infrastrutture Cloud. Algoritmi di controllo di comunicazioni multimediali interattive in streaming su reti wireless di ultima generazione. Modellistica e controllo del traffico dati su reti con tecnlogie Internet of Things. I risultati di tali attività di ricerca riguardano gli ambiti dell'Industria 4.0, dell'Internet of Things, dell'industria creativa, della robotica collaborativa.

**Embedded Networked Control**
Studio e sviluppo di sistemi di controllo distribuito mediante dispositivi embedded connessi in rete. Analisi delle performance di algoritmi di controllo distribuito robusti ai ritardi e alle perdite di pacchetto. Una ulteriore linea di ricerca si focalizzerà sullo studio di tecniche per il rilevamento e la gestione di cyber attacchi ai sistemi di controllo. I risultati di questa attività di ricerca riguardano gli ambiti quali l'Industria 4.0, l'Internet of Things, le Smart Cities, la Robotica.

**Mobile Robotics Autonomous driving**
Sistemi di guida automatica basati su visione artificiale e sensoristica avanzata

**Autonomous Learning Systems**
Metodologie ed algoritmi per il learning automatico di leggi di controllo mediante tecniche quali il reinforcement learning e le deep neural networks. Tipiche applicazioni sono la guida autonoma (autonomous driving), la robotica mobile, i sistemi di visione artificiale.

***Laboratorio di Control and Automation - LCA***

Area tematica: Agenda Digitale, Smart Communities, Sistemi di mobilità intelligente della Strategia Nazionale di Specializzazione Intelligente (SNSI) nell'area di specializzazione Mobilità Sostenibile, integrata nell'area Blue Growth and Smart cities and communities.

**Modellistica e controllo di sistemi ad eventi discreti**
Si prevede con tale ricerca di studiare tecniche innovative applicabili in tempo reale per analizzare e controllare problemi relativi alla sicurezza dei sistemi ad eventi discreti, connessi a proprietà di opacità e osservabilità critica.
Tali problemi sono in crescente interesse nell'ambito della cyber-infrastructure security (per esempio nei settori della comunicazione, banking e sistemi di difesa)

**Gestione di sistemi critici con l'ausilio di modelli ad eventi discreti.** Esempio: gestione delle procedure di evacuazione da strutture civili in condizioni standard o di emergenza. Il moto collettivo di molte persone è governato tramite algoritmi di controllo e tecnologie IoT distribuite che aumentino la sicurezza e prevengano criticità e fenomeni di panico. Si integrano sensori wireless – per rilevare eventi pericolosi, grandezze critiche e caratteristiche dinamiche della folla in movimento – e attuatori wireless – per attuare interventi efficaci che favoriscano l'evacuazione.

**Modellazione, simulazione e controllo ad eventi discreti di sistemi ad agenti intelligenti distribuiti.**
Sistemi di trasporto intelligenti; sistemi logistici; sistemi manifatturieri automatizzati, complessi, con veicoli automatizzati e robot cooperanti; terminal container multi-modali.

**Gestione e controllo di sistemi complessi, con particolare applicazione a sistemi di trasporto intelligenti (ITS)**
La ricerca intende specificare e progettare piattaforme atte a costituire una rete di nuovi e/o esistenti strumenti, modelli e servizi con lo scopo di collegare, migliorare e integrare sistemi di trasporto pubblici e privati al servizio del cittadino con indirizzamento, in particolare, all'accessibilità diversamente abili.
La ricerca dovrà specificare e realizzare a livello di architettura delle piattaforme "intelligenti" con l'obiettivo di realizzare un network in cui servizi e decisioni saranno basati sulla condivisione di dati e informazioni forniti da diverse sorgenti per contribuire a concretizzare il quadro di interoperabilità richiesto dalla comunità europea in Horizon 2020 per la mobilità intelligente.
Con l'obiettivo di realizzare modelli di mobilità sostenibile, le tecnologie ICT costituiscono l'elemento abilitante per l'innovazione, lo sviluppo e la diffusione degli ITS e di sistemi di infomobilità per la gestione della domanda e dei servizi di mobilità di persone e merci.
In quest'ottica, la ricerca avrà lo scopo di sviluppare piattaforme basate sulla connessione e traslazione dinamica di dati, informazioni e servizi che consentano di collegare e ottimizzare il trasporto pubblico e privato. A tale scopo saranno utilizzate tecnologie ICT e strategie di controllo che sfruttino tecniche di Internet of Things. Le piattaforme dovranno prevedere servizi e applicazioni per il trasporto pubblico e privato in un'ottica multimodale, strategie di car sharing, car pooling e sistemi di mobilità elettrica, servizi idonei a classi di utenti deboli, disagiate e affetti da disabilità.

**Ottimizzazione**
1. Modelli per massimizzare l'efficacia dei prodotti tecnologici e dei processi
2. Programmazione matematica per la ricerca di soluzioni
3. Riduzione delle alternative e delle scelte specialmente nel caso in cui sono innumerevoli

**Smartness and Decision Support Systems**
Algoritmi avanzati e applicazioni di ICT abili a predire e risolvere situazioni imminenti e in vari contesti applicativi.

***Decision and Control Laboratory – D&C Lab***

Il gruppo di ricerca afferente al **Decision and Control Laboratory – D&C Lab** (http://dei.poliba.it/DEI-it/ricerca/decision-and-control.html) del Politecnico di Bari, del settore scientifico disciplinare ING-INF/04, studia e sviluppa soluzioni ICT di frontiera nei settori del decision making e del controllo.

Le numerose attività, supportate altresì da progetti di ricerca regionali e nazionali (es. progetti POR, PON e progetti finanziati dal MISE) possono essere classificate mediante le tre principali linee di ricerca riassunte di seguito.

**Gestione e controllo di sistemi complessi**

- Algoritmi avanzati e applicazioni di ICT abili a predire e risolvere situazioni imminenti e in vari contesti applicati (trasporti, produzione, sistemi sanitari) con minimo o ridotto intervento umano.
- Controllo e ottimizzazione distribuiti o decentralizzati di sistemi a larga scala.
- Sistemi di supporto alle decisioni per la pianificazione e la gestione di intelligent transportation systems, traffico stradale e ferroviario, trasporto di merci pericolose.
- Gestione e ottimizzazione della mobilità elettrica.
- Sistemi di supporto alle decisioni per Smart City e smart building.
- Modellistica e gestione di sistemi sanitari.
- Modellistica, simulazione e controllo di terminal container e sistemi logistici modali e multimodali.

**Modellistica, sistemi di controllo e ottimizzazione per applicazioni industriali**

- Reingegnerizzazione e automazione di sistemi manifatturieri e di processo.
- Coordinamento di reti di agenti e sensori.
- Fault detection and recovery.
- Problematiche relative alle aree della logistica, produzione e distribuzione.
- Problemi di scheduling e di pianificazione, gestione del flusso di lavoro.
- Modelli per massimizzare l'efficacia dei prodotti tecnologici e dei processi.
- Metodi per la riduzione delle alternative e delle scelte progettuali, specialmente nel caso in cui queste siano innumerevoli.

**Gestione e controllo di sistemi energetici**

- Livello strategico - Strumenti di analisi e di decisione per supporto al policy maker urbano nella determinazione di piani di azione ottimali per l'efficientamento energetico a lungo termine nei seguenti ambiti: edifici e reti di edifici, pubblica illuminazione, gestione integrata di sistemi energetici urbani.
- Livello operativo - Soluzioni per il controllo e la schedulazione delle attività energetiche degli smart energy user, programmazione ottimale delle attività energetiche di una smart home o di gruppi di smart home, gestione della carica ottimale di veicoli elettrici.

***Automation and Robotics Lab***

Il gruppo svolge attività prevalentemente su tematiche di interesse industriale che spaziano dalla meccatronica all'aerospazio.

- **Meccatronica**. Nell'ambito della meccatronica, le attività si focalizzano su identificazione, modellazione e controllo di nuovi materiali attivi (smart materials) al fine di realizzare dispositivi di attuazione di moto e forza con caratteristiche (dimensioni, peso, precisione, costi) non raggiungibili con tecnologie di maggiore diffusione. A seconda degli specifici obiettivi commissionati all'interno degli specifici progetti di ricerca in cui il gruppo è

coinvolto, gli algoritmi di controllo sviluppati spaziano da tecniche di controllo robusto basate su modelli lineari a parametri variabili a controllo adattativo basato su linearizzazione del feedback. Sempre nel contesto dell'innovazione nel settore della meccatronica, il gruppo conduce da anni attività di ricerca nel settore del controllo non lineare di azionamenti elettrici ad elevate prestazioni. Questa linea di ricerca raggruppa una serie di attività di studio rivolte alla progettazione ed alla ottimizzazione di sistemi di controllo non lineare del moto con attuatori elettromeccanici. Per estendere l'applicabilità di tali tecniche anche a sistemi con ridotte capacità di elaborazione, sono stati sviluppati algoritmi di ottimizzazione stocastica denominati "compatti", ovvero in grado di emulare in modo estremamente fedele il comportamento di efficaci algoritmi euristici di ottimizzazione globale su piattaforme di modeste capacità di elaborazione basate su microcontrollori industriali.

- **Sistemi avionici**. Il gruppo ha recentemente avviato una linea di ricerca prevalentemente rivolta al controllo di generatori e macchine elettriche. Tali attività si inquadrano nell'ambito del tema generale del "More Electrical Aircraft". In questo ambito, il gruppo si è occupato degli aspetti controllistici inerenti allo sviluppo di sistemi per la generazione di energia a bordo e per la propulsione elettrica o ibrida. Tra i risultati più importanti particolare rilevanza rivestono i contributi relativi al controllo per macchine sincrone a riluttanza ad elevatissima velocità di rotazione (oltre 50.000 rpm) specificatamente sviluppate per applicazioni in cui è richiesta una elevata densità di potenza.

Ulteriori attività di ricerca nel settore SSD ING-INF/04 – Automatica nell'ambito dell'Ingegneria dei Sistemi e del Controllo.

- **Controllori di ordine non intero e frazionario**: progettazione, simulazione, taratura e realizzazione di controllori frazionari e di regolatori PID di ordine non intero, per svariate applicazioni (industriali, robotiche, idrauliche, ecc.); si sviluppano anche tecniche di taratura che si ispirano ma innovano idee e tarature industriali di successo (funzione di anello di Bode, *loop-shaping*, modulo ottimo, ottimo simmetrico); applicazioni a sistemi meccatronici ed *automotive*; controllo robusto di motori ed azionamenti elettrici; prevenzione di fenomeni indotti da non linearità (oscillazioni, cicli limite) e compensazione dei ritardi nei sistemi di controllo; strategie di controllo di flussi energetici tra sistemi di accumulo e microreti.
- **Sistemi di ordine non intero e frazionario:** modellazione ed identificazione parametrica della propagazione di onde di pressione in elettro-iniettori di nuova generazione; utilizzo dei modelli per l'ottimizzazione della geometria dei sistemi e sviluppo di strategie di shaping della portata iniettata; stima di modelli di ordine non intero per la dinamica di pressione nei sistemi di iniezione a gas naturale compresso; studio delle proprietà di rilassamento di materiali dielettrici; applicazioni di bioingegneria quali lo studio della propagazione di onde elettromagnetiche in tessuti biologici; analisi e caratterizzazione di segnali *blow-like* a durata finita (respiri di malati d'asma, suoni e rumori emessi da auto a regimi ridotti, ecc.); rilevamento e identificazione, indipendenti dalla conoscenza della caratterizzazione chimica, delle differenze statistiche tra fluidi complessi (oli vegetali, oli industriali, isopropanolo, ecc.); rilevamento e identificazione non invasivi di anomalie e guasti in macchine e motori.
- **Automotive**. Modellistica e controllo di componenti di motori a combustione interna diesel e metano e di motori ibridi, con le finalità di ridurre consumi, emissioni di inquinanti e rumore, e incrementare la potenza disponibile. Gli obiettivi sono: a) lo studio di strategie di ottimizzazione e controllo innovativo dei motori considerati; b) la modellistica, ottimizzazione e controllo dei sistemi di iniezione in motori a combustione interna e motori a gas naturale compresso; c) il miglioramento della tecnologia e dei componenti per la riduzione di consumi, costi ed emissioni di inquinanti e per l'aumento dell'efficienza dei motori. In particolare, alcuni problemi considerati sono specificati di seguito.

Implementazione di algoritmi innovativi di controllo della pressione di iniezione nei sistemi common rail diesel e metano, in grado di garantire prestazioni migliori rispetto ai regolatori standard impiegati nei veicoli in commercio e di consentire quindi la riduzione dei consumi e delle emissioni inquinanti. Sviluppo e ottimizzazione di modelli, basati su RBF, della dinamica delle valvole di aspirazione su meccanismi VVA (Variable Valve Actuation) nei sistemi di alimentazione dei motori diesel; impiego dei modelli per il progetto di sistemi di controllo dell'apertura e della chiusura delle valvole per ciascun cilindro nelle fasi di aspirazione e scarico. Analisi e sviluppo di metodi di stima del rumore di combustione nei motori diesel basati sulla misura della pressione all'interno dei cilindri, e implementazione di algoritmi per la riduzione del rumore di combustione agenti sul sistema di iniezione. Modellistica e ottimizzazione di sistemi di trasmissione di tipo CVT da impiegare per il controllo indipendente della velocità di componenti nel sistema *powertrain*. Modellistica e sviluppo di soluzioni innovative per l'ottimizzazione dell'architettura di controllo di propulsori ibridi basati su motori a combustione interna e su architetture BRS a 48V ad alta capacità, in particolare per il miglioramento delle prestazioni nel recupero di energia, nella fase di *boost*, nell'avvio del motore, nei consumi e nelle emissioni.

#### *II.2.1.2.8. La ricerca nel settore ING-INF/05 – Sistemi di Elaborazione delle Informazioni*

**Contesto e ruolo dei Sistemi di Elaborazione delle Informazioni**

Negli ultimi anni abbiamo assistito alla diffusione capillare di tecnologie di memorizzazione, trasmissione ed elaborazione dati che hanno reso disponibili, per uso quotidiano, enormi flussi di informazione e conoscenza. Le tecniche e tecnologie ingegneristiche di natura informatica sono quindi diventate gli strumenti indispensabili per una elaborazione efficiente delle informazioni prodotte al fine di ricavarne conoscenza utile ai più diversi scenari applicativi.

I sistemi di elaborazione delle informazioni sono pervasivi non solo rispetto a tutti gli scenari applicativi di natura esclusivamente "virtuale" ma risultano essere degli elementi portanti in contesti in cui la natura digitale del software riveste gli oggetti fisici fornendo loro nuove funzionalità e modalità di interazione.

La crescente domanda di nuovi servizi e sistemi di elaborazione delle informazioni, si riflette anche nel vertiginoso tasso di crescita della domanda in termini di occupazione di laureati con una forte vocazione alla progettazione, sviluppo e gestione di sistemi informatici complessi. Già nella "Riga Declaration on e-skill for jobs" si rimarca come nel 2020 la richiesta di professionisti nel campo dell'IT in Europa ammonterà a 900.000 unità. La richiesta aumenta di molto se si pensa in termini non solo europei ma mondiali. La domanda di nuove figure professionali in campo IT va di pari passo con la crescita dei risultati in campo scientifico ed industriale relativi a tutto quello che ruota attorno alle tematiche per i sistemi di elaborazione delle informazioni in termini di Big Data ed Intelligenza Artificiale. La loro crescita ha permesso inoltre lo sviluppo di altre aree dei sistemi per l'elaborazione delle informazioni che beneficiano dei risultati teorici e applicativi raggiunti negli ultimi anni permettendo di sviluppare ulteriormente contesti ibridi come quelli relativi ad Industria 4.0, Smart Cities and Communities, Cybersecurity, Sistemi Aerospaziali, Sistemi biomedicali, Healthcare, Self-driving vehicles, Agricoltura 2.0, solo per citare i più noti.

Tra tutti i corsi di laurea triennale afferenti al DEI, il corso di laurea triennale in Ingegneria Informatica e dell'Automazione, in cui la presenza dell'SSD è rilevante, risulta essere quello con la numerosità di studenti più alta in assoluto e lo stesso si può dire per il corso di laurea magistrale in Ingegneria Informatica.

**La ricerca ING-INF/05 al DEI**

Il SSD ING-INF/05 svolge un ruolo estremamente rilevante all'interno delle attività multidiscipliari di

didattica e di ricerca che hanno come riferimento il DEI e, più in generale, il Politecnico di Bari. Moltissime tra le tematiche relative al Piano Nazionale Industria 4.0 (in cui il nostro ateneo ha un ruolo importante) fanno riferimento a tematiche proprie del SSD. Lo stesso può dirsi per le priorità a livello nazionale e regionale in relazione alla Cyber Security, Big Data e Intelligenza Artificiale.
Le tematiche di ricerca spaziano in molti dei campi propri dell'SSD: Calcolatori Elettronici, Sicurezza Informatica, Ingegneria del Software, Elaborazione delle Immagini, Basi di Dati e Sistemi Informativi, Intelligenza Artificiale, Tecnologie Web e molti dei prodotti della ricerca sono pubblicati su riviste e conferenze di prestigio internazionale e premiati per 6 volte con il Best Paper Award.
I docenti del SSD ING-INF/05 afferiscono ai seguenti laboratori di ricerca:
Advanced Environmental inFormatic Laboratory (AeFLab) le cui competenze e attività di ricerca si concentrano nella analisi, studio e sviluppo dei sistemi informativi con una enfasi particolare ad applicazioni in campo ambientale (inquinanti e odori, particolati e acqua, naso e lingua elettronica). Un altro campo di interesse è quello della rappresentazione dell'informazione attraverso ontologie di dominio e disambiguazione del linguaggio naturale.
Artificial Vision Laboratory (AVLAB) si occupa della progettazione, sviluppo, ingegnerizzazione e installazione di sistemi di vision intelligenti il cui scopo è quello della automatizzazione dei processi industriali (industria 4.0, controlli di qualità, etc.), diagnostica per immagini (monitoraggio e ispezione – anche 3D – di prodotti e infrastrutture, test non distruttivi) il tutto avendo in mente aspetti di sicurezza (sicurezza sul lavoro, identificazione personale, video-sorveglianza intelligente).
Laboratorio di Sistemi Informativi (SisInf Lab) le cui attività di ricerca si sono evolute negli anni attorno ad un nucleo comune: i sistemi intelligenti e la gestione intelligente dei dati. Tutti gli aspetti collegati all'intelligenza artificiale così come quelli relativi all'ingegneria del software e dell'informatica industriale fanno parte della conoscenza di base degli afferenti al laboratorio. Questo ha portato alla presentazione di soluzioni nuove ed innovative nei campi del ragionamento automatico, della big data analysis, della verifica formale dei sistemi software, dei sistemi di raccomandazione e di internet delle cose, per citarne alcuni tra più rilevanti. Le principali competenze e attività di ricerca fanno riferimento a:

4. Intelligenza Artificiale e Machine Learning
5. Smart Manufacturing e Industry 4.0
6. Big Data Analysis
7. Sistemi Informativi
8. Accesso personalizzato all'informazione e Sistemi di Raccomandazione
9. Information Retrieval
10. Web delle Cose
11. Semantic Web e Knowledge Graphs
12. Knowledge representation e Automated reasoning (Non-standard reasoning, Opportunistic Reasoning)
13. Model Checking
14. Architetture Adattive.

#### *II.2.1.2.9. La ricerca nel settore ING-INF/06 – Bioingegneria Elettronica e Informatica*

Il Settore Scientifico Disciplinare ING-INF/06 – Bioingegneria Elettronica e Informatica è presente dal 2018 con un Professore Associato, Responsabile Scientifico del Laboratorio di Ricerca di Informatica Industriale http://www.en.poliba.it/research/industrial-informatics. Presso il laboratorio svolgono attività di ricerca anche un assegnista post-dottorale (SSD ING-INF/06) e 3 dottorandi con progetti nell'ambito della bioingegneria elettronica, informatica e industriale.

Si riporta, di seguito, una sintesi delle principali linee di ricerca e delle attività di sviluppo, supportate anche da fondi di progetti finanziati nazionali (MIUR e MISE), regionali (Living Labs, Partenariati Regionali, Cluster) e conto terzi (committenti regionali ed extra regionali).

**Linee di ricerca e attività di sviluppo:**

1. Sistemi Intelligenti Artificiali e di Rappresentazione della Conoscenza Medico-Biologica-Sanitaria;
2. Sistemi di Supporto alle Decisioni in Ambito Medicale: sviluppo di framework per abilitare servizi di diagnosi precoce e mini-invasiva, di monitoraggio personalizzato del follow-up, di ottimizzazione e personalizzazione di percorsi terapeutici di tipo chirurgico, farmacologico e riabilitativo;
3. Sistemi di Elaborazione di Dati e Segnali Biomedicali: acquisizione, trattamento, elaborazione ed estrazione di conoscenza da immagini medicali quali ad esempio CT, MR, PET, fMRI, da segnali fisiologici quali ad esempio ECG, EMG, EEG, da dati bioinformatici provenienti da piattaforme di tipo high-troughput o deep-sequencing;
4. Sistemi Immersivi e Interattivi per la Bioingegneria: progettazione e sviluppo di ambienti basati sui paradigmi della VR, AR, MR, sul feedback aptico e sul bio-feedback;
5. Sistemi Robotici Assistivi e Chirurgici: elaborazione di informazioni fisiologiche ed ergonomiche relative a robot indossabili, e sistemi di supporto e training per la chirurgia robotica open e laparoscopica;
6. Sistemi di Identificazione di Modelli Biologici, Fisiologici, Cognitivi e Comportamentali e Systems Biology;
7. Sistemi di monitoraggio dell'impairment piscologico-cognitivo, e motorio-funzionale;
8. Sistemi Informativi di tipo ospedaliero o sanitario;
9. Sistemi di Health Big Data Analytics: estrazione di conoscenza e metodologie basate sui nuovi paradigmi della Radiomica, della Radiogenomica;
10. Sistemi di ottimizzazione di interesse della informatica medica e della ingegneria clinica e sanitaria.

### *II.2.1.2.10. La ricerca nel settore ING-INF/07 – Misure Elettriche e Elettroniche*

**Presentazione**

Il Gruppo Misure Elettriche ed Elettroniche, attivo presso il Politecnico di Bari nelle due sedi di Bari (presso il DEI) e Taranto (presso il Centro Interdipartimentale "Magna Grecia"), ha attualmente in organico dieci ricercatori fra professori, dottorandi e collaboratori alle attività di ricerca. Le attività didattiche del gruppo includono, oltre ai corsi di base, insegnamenti avanzati, quali "Strumentazione automatica di misura", "Misure per l'automazione e la produzione industriale", "Strumentazione programmabile ed elaborazione dei dati di misura", "Sensori e trasduttori", "Elaborazione numerica delle informazioni di misura", "Strumentazione biomedica", "Impianti e misure per l'illuminazione artificiale", "Misure per Aerospazio e Sistemi Avionici".

Le attività di ricerca più recenti, indicate di seguito, includono l'elaborazione di segnali per svariate applicazioni di misura (dalle misure ambientali al sensing riflettometrico), la modellizzazione e la caratterizzazione di strumentazione elettronica di misura, lo sviluppo di sistemi per il controllo di qualità della produzione industriale, il monitoraggio ambientale, la diagnostica medica, l'*image processing*, le misure di *Power Quality*, il monitoraggio della produzione di energia da fonti rinnovabili, l'automazione industriale, la diagnostica su Sistemi Aeromobili a Pilotaggio Remoto, la prototipazione di sensori, la teoria generale dell'incertezza di misura.

**Temi di ricerca e sviluppo**

1. *Sistemi SCADA/HMI*: sviluppo di sistemi SCADA/HMI per il monitoraggio e il controllo di impianti industriali in numerosi ambienti di sviluppo (LabVIEW, MATLAB, WinCC, Movicon, iFix, ecc.), utilizzando il protocollo OPC (*OLE for Process Control*) e le sue varianti sia in versione classica sia nella nuova versione OPC-UA (*Unified Architecture*). Il Gruppo dispone anche delle competenze necessarie allo sviluppo di applicazioni hardware/software custom di tipo embedded basati su OPC Classic.
2. *Elaborazione di segnali riflettometrici per diagnostica e sensing distribuito*: questa ricerca ha l'obiettivo di utilizzare la riflettometria nel dominio del tempo, tecnologia economica e molto adatta a essere utilizzata per la diagnostica "sul campo", per ottenere informazioni accurate e dettagliate su problemi e anomalie nel percorso della linea. Un esempio di risultati di questa ricerca si ha nel sistema di rilevamento di perdite in condotte idriche integrate realizzato in collaborazione con ricercatori dell'Università del Salento, e con Acquedotto Pugliese.
3. *Armonizzazione dei due approcci rivali, bayesiano e frequentista, alla teoria dell'incertezza di misura*: negli ultimi anni il Working Group WG1 del BIPM (*Bureau International des Poids et Mesures*) ha tentato di riscrivere la GUM (*Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement*) seguendo un approccio bayesiano. La bozza della nuova GUM non ha trovato un consenso maggioritario da parte degli esperti, a causa di alcuni risultati che contrastano, a volte in modo paradossale, con le prescrizioni della GUM 1995. La ricerca si occupa di fornire contributi teorici che portino all'introduzione del bayesianismo nella GUM senza incorrere in paradossi inaccettabili, e in generale all'armonizzazione dei due approcci, bayesiano e frequentista, all'incertezza.
4. *Modellizzazione matematica, rilievo e correzione degli errori nella conversione A/D e D/A dei segnali*: la ricerca si pone come obiettivo principale il problema della qualificazione metrologica dei convertitori analogico-digitali e, più in generale, dei sistemi di acquisizione dati e dei registratori di forme d'onda con lo scopo di definire metodi univoci di valutazione dell'incertezza, con le connesse procedure di prova, calibrazione e diagnosi. Inoltre, le attività si propongono l'obiettivo di sviluppare un modello d'errore unificato e completo per registratori di forme d'onda digitali con lo scopo di individuare opportune tecniche di correzione per le componenti di incertezza presenti nei sistemi digitali.
5. *Studio di sistemi automatici per la rilevazione e la misura di imperfezioni superficiali*: riguarda lo sviluppo di tecniche di *image processing* per la rilevazione, misura e caratterizzazione di difetti presenti su superfici lucide o semiopache anche in ottica Industria 4.0. Nell'ambito di questa ricerca è stato realizzato un prototipo per l'analisi in linea di lastre di vetro satinato di grandi dimensioni prodotte industrialmente e la contemporanea localizzazione, classificazione e catalogazione dei difetti presenti.
6. *Smart metering e Power Quality*: ha come scopo lo sviluppo di sistemi a basso costo per la taratura, eventualmente *in situ*, di trasduttori corrente/tensione e tensione/tensione, dispositivi sempre più utilizzati nell'esercizio degli impianti elettrici industriali. Inoltre, questa linea di ricerca prevede lo studio di tecniche di stima innovativa dei parametri utili alla caratterizzazione, dal punto di vista qualitativo, dei sistemi elettrici di potenza, e il loro uso nella definizione di opportuni "indici di qualità" della potenza elettrica generata, trasmessa e ricevuta nei sistemi elettrici in un'ottica di *Smart Grid*. Nell'ambito *Smart metering* è stato sviluppato e realizzato un sistema per misura e monitoraggio in tempo reale dell'energia prodotta da fonti alternative, di tipo *Open Hardware/Open Software* e che possa funzionare in regime monofase o trifase con elevate caratteristiche di accuratezza e affidabilità.

7. *Trattamento delle informazioni di misura per il monitoraggio ed il controllo ambientale:* si occupa dell'individuazione di modelli di qualità dell'aria, al fine di descrivere la dinamica temporale delle sostanze contaminanti analizzate, evidenziando eventuali correlazioni tra i diversi inquinanti. Le tecniche usate risultano particolarmente utili per ricostruire e/o validare dati mancanti e/o errati e garantiscono la possibilità di operare su serie temporali di dati continue e consistenti.
8. *Realizzazione di sensori per analisi del terreno*: lo studio riguarda la progettazione di sensori utili al contenimento dell'inquinamento ambientale, alla rilevazione di grandezze nocive all'ambiente (metalli pesanti, idrocarburi, ecc.) nonché all'analisi microclimatica del terreno, utile allo sfruttamento più oculato (ed ecocompatibile) delle potenzialità del suolo. In questo ambito è stato anche realizzato un sistema per la gestione di prove di meccanica dei terreni saturi basato sull'utilizzo di LabVIEW® e schede di acquisizione utilizzate nell'ambito del progetto di riqualificazione del I seno del Mar Piccolo in collaborazione con il Commissario Straordinario per la Bonifica di Taranto Dott.ssa Vera Corbelli.
9. *Studio e realizzazione di tool per il monitoraggio di dispositivi utilizzati per la generazione di energia fotovoltaica*: questa ricerca si propone di realizzare un *tool* per la valutazione preventiva delle prestazioni di un impianto fotovoltaico; l'idea è di ricorrere a una procedura di stima dei parametri dei modelli matematici associati ai vari componenti ottenuti mediante tecniche di *best-fitting* sui dati sperimentali acquisiti in laboratorio prima dell'entrata in funzione dell'impianto.
10. *Elaborazione di immagini e segnali biomedicali per applicazioni diagnostiche*: la ricerca si pone come obiettivo, da un lato, la valutazione funzionale di atti motori semplici in soggetti affetti dal morbo di Parkinson o da protesi agli arti e, dall'altro, lo studio di soluzioni di post-elaborazione utili a incrementare la nitidezza di immagini mediche (TAC e MRI) riducendo il rischio biologico per il paziente e i tempi di analisi per la struttura ospedaliera. In quest'ambito uno dei progetti sviluppati ha riguardato la stima dello stato di riempimento della vescica in soggetti tetraplegici o affetti da enuresi attraverso la rilevazione di echi ultrasonici riflessi dalla parete vescicale. Infine, è stato sviluppato un sistema per l'acquisizione e la dematerializzazione automatizzata e veloce di dati relativi agli esami di laboratorio di pazienti prodotti in forma cartacea o elettronica in formato non standardizzato.
11. *Sistemi di diagnostica e automazione in ambito ferroviario*: riguarda la rilevazione automatica e la diagnostica in tempo reale di difetti e disturbi addebitabile all'accoppiamento binario-rotaia e che possono produrre rumori fastidiosi e pericoli per i passeggeri.
12. *Metodologie RAMS*: analisi di affidabilità, disponibilità, manutenibilità e sicurezza di componenti e sistemi elettrici ed elettronici; pianificazione, ottimizzazione ed implementazione di test, prove di vita, prove di vita accelerata, implementazione di modelli di prove di vita accelerata multi-stress; utilizzo di strumenti statistici per l'ottimizzazione di processi produttivi, di piani prova e per l'analisi di dati complessi; metodologie di prognostica e diagnostica.
13. *Dispositivi per l'Aerospazio e i Sistemi Avionici*: progetto di apparecchiature di misura dedicate per velivoli con e senza pilota e sviluppo di metodi per la loro caratterizzazione metrologica e verifica delle prestazioni, anche ai fini della qualità.

**Laboratori di riferimento**

- Laboratorio di Misure Elettriche ed Elettroniche nel Campus Universitario "E. Quagliariello" di Bari, sede storica del Dipartimento

- Laboratorio di Misure Elettriche ed Elettroniche presso il Centro Interdipartimentale “Magna Grecia” di Taranto
- Macro Laboratorio Multifunzionale di Misure e Tecnologie per l’Ambiente presso il Centro Interdipartimentale “Magna Grecia” di Taranto.

#### *II.2.1.2.11. La ricerca nel settore MAT-08 – Analisi Numerica*

L’attività di ricerca dei docenti del Dipartimento di MAT-08 si occupa di analisi di metodi numerici per la risoluzione di equazioni differenziali di ordine frazionario. Tale argomento è oggigiorno di particolare interesse in quanto molteplici e svariate applicazioni, dalla fisica, alla finanza, dall’ingegneria alla farmacologia, coinvolgono modelli matematici descritti mediante derivate di ordine non intero. Dal punto di vista teorico queste derivate permettono infatti di descrivere in modo più realistico alcuni fenomeni, in particolare quelli con memoria. La risoluzione numerica di equazioni differenziali con ordine frazionario presenta maggiori difficoltà rispetto a quelle con ordine intero e presenta una serie di problemi aperti.

In questo ambito sono stati messi a punto risolutori efficienti che calcolano direttamente la soluzione dell’equazione frazionaria esprimendola mediante opportune funzioni di matrice. L’approssimazione numerica di queste quantità è un altro ambito su cui verte la ricerca dei docenti del settore, che negli anni ha spaziato dal calcolo efficiente dell’esponenziale di matrici di grandi dimensioni, al calcolo della radice quadrata di matrici stocastiche mediante adeguate tecniche che ne preservano le caratteristiche, alla stima degli elementi di particolari matrici utili nel precondizionamento di sistemi lineari.

Il settore ha inoltre collaborazioni con colleghi del Politecnico nell’ambito dello studio di modelli frazionari per la descrizione di modelli matematici applicabili all’Energy Harvesting e nell’ambito dell’analisi dei sistemi di controllo di ordine frazionario.

### II.2.1.3. Dottorato di ricerca

Sin dalla sua istituzione, il DEI ha attivato e coordinato corsi di Dottorato di Ricerca, inizialmente in consorzio con altre università, poi essenzialmente come unica sede organizzativa. A partire dall’anno accademico 2010/2011, i corsi di Dottorato di Ricerca del Dipartimento si sono unificati nell’attuale corso di Dottorato di Ricerca in Ingegneria Elettrica e dell’Informazione (DRIEI), che vede attivi nel corrente a.a. 2018/2019 il III anno del XXXII ciclo, il II anno del XXXIII ciclo e il I anno del XXXIV ciclo, afferenti alla Scuola di Dottorato del Politecnico di Bari. Numerose borse erogate dal Dottorato sono svolte in collaborazione con importanti enti e aziende del territorio: nel bando del XXXIV ciclo ben 11 borse su 18 sono finanziate da aziende e enti esterni o da fondi di ricerca. Con riferimento all’attrattività internazionale del DRIEI, si riportano il numero assoluto e la percentuale di candidati stranieri che hanno presentato domanda di ammissione negli ultimi quattro cicli: 7 su 30 (23.3%) per il XXXI Ciclo, 11 su 40 (27.5%) per il XXXII Ciclo, 15 su 33 (45%) per il XXXIII Ciclo e 32 su 63 (50,8%) per il XXXIV Ciclo, con un netto trend di crescita. Si evidenzia la tendenza crescente della percentuale (quasi raddoppiata in tre anni) di candidati stranieri che hanno concorso per l’ammissione al DRIEI, a testimonianza del buon livello di visibilità internazionale del Corso di Dottorato del DEI. Tale visibilità rappresenta un patrimonio prezioso per un Corso di Dottorato che voglia ampliare il numero di borse da bandire annualmente e pertanto saranno dispiegate azioni mirate per consolidare il grado di internazionalizzazione raggiunto anche attraverso i social network e più in generale i canali web.

Obiettivo primario del DRIEI è fornire ai dottorandi, oltre che una adeguata formazione professionale, una formazione di elevata qualità scientifica nelle principali tematiche di ricerca dell'Ingegneria Elettrica, Elettronica e dell'Informazione. In particolare, il programma formativo del Dottorato di Ricerca punta a fornire al futuro Dottore di ricerca la capacità di svolgere ricerca di punta ed autonoma nelle tematiche proprie del Dottorato. Tale obiettivo viene conseguito tramite il conseguimento di 180 crediti formativi (CFU) che si articolano in un'attività didattica compresa tra un minimo di 36 CFU e un massimo di 60 CFU, da completarsi preferibilmente nei primi due anni di corso, e un minimo di 120 CFU e un massimo di 144 CFU di attività di ricerca condotta sotto la guida di un tutor. Il programma prevede una formazione fortemente orientata all'acquisizione di una metodologia per lo svolgimento di attività di ricerca, con aspetti generali curati dalla Scuola di Dottorato di Ateneo, e una formazione specialistica su tematiche scientifiche fortemente innovative ricomprese nei macro-ambiti di ricerca del Corso di Dottorato (Elettronica, Compatibilità Elettromagnetica ed Elettromagnetismo, Telecomunicazioni, Automazione Industriale, Sistemi informativi, Misure Elettriche ed Elettroniche, Elettrotecnica, Convertitori, Macchine ed Azionamenti Elettrici, Sistemi Elettrici per l'Energia). Particolare attenzione viene posta anche alle problematiche del trasferimento tecnologico, dato lo stretto legame con il mondo industriale. Il Collegio dei Docenti individua per ogni dottorando un percorso formativo personalizzato. Di norma, ai dottorandi è inoltre suggerita una permanenza di studio presso Università o Centri di ricerca di rilevante prestigio internazionale.

Il Dottorato di Ricerca incoraggia la possibilità di conseguire il doppio titolo di dottore di ricerca o il titolo in co-tutela presso il Politecnico e prestigiose Università estere.
Il DRIEI, oltre a formare chi intende intraprendere la carriera accademica, fornisce anche le competenze necessarie per svolgere l'attività di ricerca in ambito industriale. Questo aspetto è confermato dalla presenza di borse industriali e borse finanziate da aziende o organismi di ricerca esterni al Politecnico.

Gli sbocchi occupazionali dei Dottori di Ricerca in Ingegneria Elettrica e dell'Informazione, sia nel campo della ricerca accademica sia in quello industriale, riguardano le attività di ricerca di base, ricerca e sviluppo, progettazione di prodotti e servizi, gestione di servizi e impianti in aziende che fanno capo a diversi settori industriali tra cui quello elettrico, aeronautico, informatico, elettronico, biomedico, delle telecomunicazioni e dell'automazione. A conferma di questo si riscontra che i Dottori di Ricerca che hanno conseguito il titolo negli ultimi anni hanno acquisito una posizione lavorativa adeguata al loro percorso formativo presso importanti aziende e centri di ricerca italiani e internazionali (aziende del gruppo General Electrics, Philips, Terna, General Motors, Bosch, Distretto Tecnologico Aerospaziale, CNR, oltre a numerose Università italiane e estere).

Al fine di garantire valori sufficientemente elevati degli indicatori di performance dell'ANVUR (Agenzia Nazionale per la Valutazione del sistema Universitario e della Ricerca) utilizzati per la valutazione dei dottorati, il Collegio è costituito da docenti selezionati anche sulla base delle loro performance di ricerca.

### II.2.1.4. Sistema di gestione, monitoraggio e valutazione della ricerca

La Commissione Ricerca del DEI esamina periodicamente i risultati della ricerca dipartimentale. In conseguenza dei punti di forza e debolezza, che rileva sistematicamente, propone al Consiglio di Dipartimento azioni correttive opportune. La Commissione Ricerca si avvale e collabora, a seconda delle necessità, con i referenti dell'Assicurazione di Qualità (AQ) di Dipartimento e dell'AQ di Ateneo

per programmare e incentivare gli interventi necessari. Il Dipartimento inoltre ha al suo interno due docenti membri del Presidio della Qualità che supportano gli altri organi, commissioni e delegati nella implementazione di azioni di miglioramento continuo della qualità della ricerca.

Su suggerimento della Commissione Ricerca, il DEI si è dotato, seguendo le linee guida indicate dal Politecnico di Bari ed in particolare quanto deliberato dal Senato Accademico (seduta del 30 novembre 2016), di un sistema di monitoraggio e valutazione della qualità della ricerca per poter verificare collegialmente e attraverso indicatori quantitativi lo stato di attuazione del presente piano culturale ed eventuali azioni correttive necessarie.

Accanto agli indicatori deliberati dal Senato Accademico -un indicatore di performance scientifica e uno legato alla dimensione relativa degli SSD rispetto ai valori caratteristici dei Politecnici italiani- il Dipartimento ha aderito all'iniziativa del Politecnico di Bari di utilizzare gli indicatori di performance dell'applicativo della CRUI "Sistema di Supporto alla Valutazione della Produzione Scientifica" per il calcolo dei parametri della ASN.

Una lista dettagliata di tali indicatori è riportata nel seguito del presente documento nella sezione Programmazione operativa 2018-2019 /rif. R4.B.1/ - Azioni per il miglioramento della ricerca dipartimentale.

La discussione degli indicatori di monitoraggio della ricerca viene fatta periodicamente in Consiglio di Dipartimento, al fine di individuare punti di forza e debolezza del sistema della ricerca dipartimentale e decidere collegialmente opportune azioni correttive.

Considerato che il fondo di finanziamento ordinario delle Università è distribuito in prevalenza, per la parte relativa alla quota premiale, sulla base delle performance di ricerca delle Università, tutti i suddetti indicatori, opportunamente elaborati tenendo conto delle specificità del Dipartimento, sono inoltre utilizzati come base imprescindibile per lo sviluppo di proposte di programmazione di risorse di docenza.

Nella successiva sezione si riporta la dettagliata analisi delle prestazioni della ricerca dipartimentale condotta dalla Commissione Ricerca.

### II.2.1.5. Analisi delle performance di ricerca

La produzione scientifica del DEI è riconosciuta e valutata positivamente a livello nazionale; in molti settori disciplinari, che hanno concorso significativamente al risultato, il Dipartimento ha una ottima visibilità internazionale.

Il Dipartimento ha istituito una Commissione Ricerca che è preposta al monitoraggio della qualità della ricerca e alla redazione della Scheda Unica Annuale della Ricerca Dipartimentale (SUA-RD), con gli obiettivi di: 1) monitorare ed esaminare i risultati e le performance di ricerca del Dipartimento; 2) proporre indirizzi e tematiche di ricerca di interesse generale del Dipartimento in linea con il piano di sviluppo culturale; 3) programmare e coordinare iniziative di Ricerca di interesse del Dipartimento, 4) fornire alla Commissione Risorse e al Direttore dati oggettivi utili nella programmazione delle risorse e nell'individuazione di strategie di miglioramento e 5) monitorare le iniziative rientranti nella Ricerca anche per la successiva predisposizione della SUA-RD. Il DEI ha inoltre un docente che è delegato alla Ricerca.

La Commissione Ricerca svolge attività di analisi critica dei risultati della ricerca del DEI utilizzando i criteri definiti dal Senato Accademico, dal "Sistema di supporto alla valutazione della produzione scientifica della CRUI" al fine di effettuare un monitoraggio continuo dei risultati della ricerca del DEI.

Come si evince dalla Tabella 4, il DEI è collocato nel secondo quartile dell'Area 09, con indicatori medi normalizzati R e X entrambi leggermente maggiori di 1, e indicatore sintetico R+X pari a 2,06. La positività di questa performance è attestata dal valore dell'indicatore di qualità della ricerca IRD1, che è del 3% superiore alla performance attesa in base alle caratteristiche dimensionali del Dipartimento. Infatti, dalla Tabella 4 si vede che, al livello di Ateneo, l'indicatore finale di qualità della ricerca di Dipartimento IRDF mostra che il DEI è – fra i vari Dipartimenti del Politecnico di Bari – quello con performance migliore assieme al Dipartimento di Ingegneria Civile e dell'Architettura.

*Tab. 4. Indicatori di qualità della ricerca dei Dipartimenti del Politecnico di Bari.*

| Dipartimento | # prodotti attesi | # prodotti attesi di addetti in mobilità | IRD1*w | IRD2*w | IRD3*w | IRDF | n/N | IRDF/ (n/N) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Dipartimento Interateneo di Fisica "Michelangelo Merlin" | 28 | 0 | 0,03023 | * | 0,01249 | 4,66733 | 5,46875 | 0,85345 |
| Dipartimento di Ingegneria Civile, Ambientale, del Territorio, Edile e di Chimica | 110 | 16 | 0,10140 | 0,09471 | 0,03565 | 19,38942 | 21,48438 | 0,90249 |
| Dipartimento di Ingegneria Elettrica e dell'Informazione | 125 | 22 | 0,12407 | 0,11921 | 0,25343 | 25,95904 | 24,41406 | 1,06328 |
| Dipartimento di Meccanica, Matematica e Management | 140 | 26 | 0,14405 | 0,12786 | 0,05528 | 27,32201 | 27,34375 | 0,99920 |
| Dipartimento di Scienze dell'Ingegneria Civile e dell'Architettura | 109 | 21 | 0,10858 | 0,10695 | 0,20569 | 22,66220 | 21,28906 | 1,06450 |

La Commissione Ricerca inoltre svolge una continua azione di monitoraggio dei prodotti della ricerca.

Si ricorda che la VQR (Valutazione della Qualità della Ricerca) rappresenta la procedura di valutazione dei risultati della ricerca scientifica effettuata dall'ANVUR per valutare l'efficacia e l'efficienza dei programmi pubblici di finanziamento e di incentivazione alle attività di ricerca e innovazione. Ai singoli prodotti di ricerca presentati dai docenti afferenti al Dipartimento vengono assegnati pesi 1 (prodotti di classe A=eccellenti), 0.7 (B=elevati), 0.4 (C=discreti), 0.1 (D=accettabili) e 0 (E=limitati, F=mancanti o non valutabili), ottenendo così la valutazione totale della struttura.
La VQR rientra in diversi ambiti di valutazione delle performance dei Dipartimenti, come ad esempio nella distribuzione dei fondi attraverso il finanziamento ai Dipartimenti di Eccellenza, nella valutazione del collegio di Dottorato, ma anche nella quota premiale del Fondo di Finanziamento Ordinario dell'Ateneo.

Facendo seguito al Punto di attenzione R4.B.2 della prossima SUA-RD (Valutazione dei risultati e interventi migliorativi della ricerca Dipartimentale), il Presidio di Qualità dell'Ateneo ha chiesto ai Dipartimenti di porre la necessaria attenzione per l'analisi e la valutazione della precedente VQR 2011-2014 e per la previsione per la prossima VQR 2015-2019.

Considerando l'evidente importanza della VQR, il DEI ha posto negli ultimi anni un'elevata attenzione su tale indicatore, analizzando i risultati ottenuti nella VQR 2011-2014, analizzando i risultati della valutazione avuta in occasione dei Dipartimenti di Eccellenza, monitorando i prodotti di ricerca dei docenti DEI per la prossima VQR 2015-2019, ponendo in atto azioni correttive per massimizzare i risultati della prossima VQR. Tutti questi dati sono stati discussi sia nelle Commissioni Ricerca e Risorse sia in Consiglio di Dipartimento. A tal proposito, il consiglio di Dipartimento DEI nella seduta del 29 gennaio 2018 ha svolto un'ampia discussione monotematica per l'analisi della VQR. In tale occasione, è stata presentata una relazione riguardante la Valutazione della Qualità della Ricerca e i Dipartimenti di Eccellenza. In particolare, partendo dai dati VQR messi a disposizione dall'ANVUR, è stato illustrato il metodo di calcolo dell'indicatore standardizzato delle performance di Dipartimento e il relativo indicatore riguardante i vari SSD che compongono il Dipartimento. Tale analisi evidenzia che 25 prodotti di ricerca presentati dal Dipartimento nella VQR 2011-14 hanno riportato una valutazione pari a 0 oppure 0.1. Alcune simulazioni di calcolo evidenziano inoltre che tali basse valutazioni (0 e 0.1) hanno determinato la performance sfavorevole del Dipartimento di Ingegneria Elettrica e dell'Informazione. A tal riguardo vengono redatte diverse simulazioni della VQR ove si otteneva che considerando una valutazione VQR dei prodotti almeno di 0.4, il DEI otterrebbe un indicatore di performance uguale a 93 (stesso valore riportato dal DMMM, unico Dipartimento di Eccellenza del Politecnico).

In sintesi, le risultanze dell'ultima VQR 2011-2014 hanno fornito conferme di una produzione scientifica buona o eccellente in molti SSD del Dipartimento, con alcune criticità principalmente legate a (poche) situazioni di inattività. Il DEI si sta attivando per identificare le ragioni di tali criticità e operare in modo da ridurle o eliminarle in occasione dell'esercizio prossimo, VQR 2015-2019. In particolare, si riportano qui i seguenti indicatori che confermano i buoni risultati ottenuti nella ricerca dipartimentale:

- oltre il 40% dei prodotti presentati dai docenti del Dipartimento sono risultati in classe A (eccellenti);
- quasi il 70% dei prodotti presentati dai docenti del Dipartimento sono risultati in classe A (eccellente) o B (elevato);
- il 100% dei prodotti di due SSD del Dipartimento sono risultati in classe A (eccellente) o B (elevato).

Nella su richiamata seduta monotematica del Consiglio di Dipartimento è stato proposto di realizzare una simulazione della valutazione VQR raccogliendo i migliori prodotti ad oggi disponibili. A tale scopo, è stato chiesto a tutti i docenti afferenti al Dipartimento di inviare i due migliori prodotti di ricerca che possano essere sottoposti per la prossima VQR 2015-2019. Da tale simulazione si evince che alcuni settori risultano ancora parzialmente in sofferenza.

Sulla base dell'analisi della VQR attuale, il Dipartimento ha intrapreso alcune azioni volte a massimizzare la prossima VQR dipartimentale: maggior coinvolgimento dei docenti meno attivi nelle attività di ricerca a livello del rispettivo settore e anche a livello interdisciplinare tra i vari SSD; incremento del coinvolgimento nei progetti di ricerca dei docenti meno attivi; monitoraggio continuo degli indicatori della produzione scientifica dei docenti del Dipartimento.

L'analisi di dettaglio dei risultati della VQR 2011-2014 (di seguito, VQR2) evidenzia una ottima performance del DEI, anche in relazione alla VQR 2004-2010 (di seguito, VQR1), con circoscritte aree da monitorare in quanto ancora bisognose di un consistente miglioramento.

Come è noto, la metodologia di valutazione della VQR1 (VQR 2004-2010) differisce da quella adottata per la VQR2 (VQR 2011-2014): infatti la VQR1 prevede 4 fasce di valutazione (Eccellente = 1; Buono = 0,8; Accettabile = 0,5; Limitato = 0), ed anche la possibilità di valutazioni negative per prodotti non conferiti (-0,5) non valutabili (-1,0) o in caso di plagio o frode (-2,0) , mentre la VQR2 ha visto incrementarsi il numero di fasce di valutazione, con contemporanea variazione dei punteggi (Eccellente = 1; Elevato = 0,7; Discreto = 0,4; Accettabile = 0,1; Limitato = 0); infine non vengono previsti punteggi negativi per prodotti non valutabili o non conferiti, ai quali viene attribuito punteggio 0.

La differente metodologia di valutazione, evidentemente, limita la significatività di eventuali confronti. Per questo, l'ANVUR ha introdotto un apposito indicatore sintetico chiamato IRAS5, che è un indicatore quali-quantitativo di miglioramento fra VQR1 e VQR2. Relativamente all'area 09, che è la principale del DEI, si nota che essa è migliorata rispetto all'esercizio di valutazione precedente, mentre dati analitici dell'Area 01 non sono disponibili per il numero esiguo di docenti afferenti a tale area.

Il DEI, consapevole dell'importanza della VQR, usa anche tale parametro non solo come strumento di valutazione del Dipartimento, ma anche per la programmazione del nuovo personale e delle progressioni di carriera all'interno dei singoli SSD, per l'attribuzione di incentivi economici e per l'accreditamento del Collegio dei Docenti del Dottorato di Ricerca.

Il DEI ha infine avviato azioni di monitoraggio e di accompagnamento in vista della prossima valutazione VQR.

### II.2.2. Programmazione operativa 2018-2019 / rif. R4.B.1 /

È obiettivo strategico del DEI migliorare il proprio posizionamento nel panorama della ricerca nazionale e internazionale attraverso l'innalzamento della qualità della propria attività di ricerca, in linea con i criteri di valutazione nazionale e internazionale.
Nel rispetto della propria identità scientifica e culturale il DEI si propone, per il biennio 2018-2019, i seguenti obiettivi generali:

1. Consolidare e incrementare qualità e impatto della ricerca: questo obiettivo costituisce un elemento imprescindibile di competitività e visibilità dell'Ateneo e del Dipartimento in ambito nazionale e internazionale. Inoltre, si rileva che incrementare la quantità della ricerca, tenendo conto della differenziazione dei relativi prodotti, implica anche raggiungere settori diversi della società, con background culturali e esigenze differenti, favorendo il rapporto con il territorio (si veda il successivo obiettivo).
2. Promuovere e diffondere i risultati della ricerca: tale obiettivo mira in primo luogo a promuovere lo sviluppo culturale, sociale e economico del territorio permettendo di vincere le sfide di coesione sociale. In secondo luogo, si intende consentire l'attività di formazione in laboratorio di un numero sempre crescente di studenti e laureati su tematiche innovative dell'ingegneria.
3. Favorire gli scambi culturali, l'ampliamento delle competenze e l'internazionalizzazione: si intendono inoltre favorire le collaborazioni esterne a livello nazionale e internazionale per agevolare lo scambio e la diffusione della conoscenza, obiettivo imprescindibile di ogni istituzione universitaria.

### II.2.2.1. Azioni per il miglioramento della ricerca dipartimentale

Per raggiungere i suddetti obiettivi di sviluppo della ricerca, il DEI, in accordo con il piano strategico 2017-2019 del Politecnico di Bari, intende continuare a perseguire specifiche azioni e verificarne l'efficacia.
Si definiscono pertanto le seguenti azioni strategiche e i relativi indicatori su base triennale, che saranno sottoposti a un monitoraggio continuo con cadenza almeno annuale (con riferimento al precedente triennio).

**Azione 1: consolidare e aumentare la qualità della produzione scientifica del Dipartimento**
Il DEI intende incentivare i docenti in base ai risultati conseguiti nell'ultimo esercizio di valutazione VQR.

Indicatori per il monitoraggio:

- I1.1 Numero di articoli di ricerca pubblicati nelle riviste internazionali situate nel primo quartile (Q1) della subject category di riferimento nelle banche dati citazionali (WoS o Scopus).
- A5: Istituzione fondo per la ricerca dipartimentale
- I5: Budget dedicato alla ricerca dipartimentale

**Azione 2: aumentare la partecipazione e migliorare il tasso di successo nei bandi competitivi per progetti di ricerca nazionali e internazionali**
Il Dipartimento intende migliorare il tasso di successo dei propri docenti quali responsabili scientifici di progetti di ricerca su bandi competitivi nazionali e internazionali.

Indicatori per il monitoraggio:

- I2.1 Numero di progetti ammessi al finanziamento nei bandi competitivi nazionali e/o internazionali.

**Azione 3: Aumentare la capacità di attrazione nazionale e internazionale dei talenti**
Il Dipartimento intende migliorare la capacità di attrazione di nuovo personale di ricerca qualificato.

Indicatori per il monitoraggio:

- I3.1 Numero di ricercatori under 35 del Dipartimento.
- I3.1 Numero di borse di dottorato per ciclo del Corso di Dottorato del Dipartimento.
- I3.2 Numero di candidati che presentano domanda al Corso di Dottorato del Dipartimento con titolo di studio conseguito in altra Università (nazionale o estera).
- I3.2 Numero di vincitori di borse di Dottorato di Ricerca del Dipartimento assegnate con titolo di studio conseguito in altra Università (nazionale o estera).

**Azione 4: Consolidare e migliorare il livello di internazionalizzazione della ricerca nel Dipartimento**
Il Dipartimento intende incrementare le collaborazioni di ricerca internazionali.

Indicatori per il monitoraggio:

- I4.1 Numero di articoli di ricerca con co-autori affiliati a Università o Enti di Ricerca aventi sede all'estero pubblicati nelle riviste internazionali situate nel primo quartile (Q1) della subject category di riferimento nelle banche dati citazionali (WoS o Scopus).

- I4.2 Numero di progetti di ricerca in cui il partenariato di progetto sia costituito anche da Università o Enti di Ricerca aventi sede all'estero.
- I4.3 Numero di workshop o convegni internazionali organizzati e/o patrocinati da docenti del DEI.
- I4.4 Numero di studiosi affiliati a Università o Enti di Ricerca aventi sede all'estero in visita al Dipartimento.
- I4.5 Numero di professori, ricercatori, dottorandi e assegnisti del DEI in mobilità internazionale.

**Azione 5: Potenziamento dei laboratori**
Il Dipartimento intende potenziare i laboratori di ricerca presso di esso istituiti.

Indicatori per il monitoraggio:
- I5.1: Numero di dottorandi-postdoc-assegnisti afferenti ai singoli laboratori.
- I5.2: Numero di pubblicazioni del singolo laboratorio nel primo quartile.

## II.3. Programmazione attuativa – Terza missione

### II.3.1. Analisi della situazione pregressa / rif. R4.B.2 /

Il Dipartimento ha istituito una Commissione Terza Missione che è preposta alle attività di trasferimento tecnologico e dei servizi al territorio, con gli obiettivi di: 1) incoraggiare l'applicazione della ricerca in ambito industriale, 2) adottare le regole vigenti presso il Politecnico per quanto riguarda la creazione di imprese e l'incentivazione dell'imprenditorialità attraverso spin-off, e infine 3) monitorare le iniziative rientranti nella "Terza Missione" anche per la successiva predisposizione della Scheda Unica Annuale della Ricerca dipartimentale (SUA-RD). Il DEI ha inoltre un docente che è delegato al Trasferimento tecnologico.
Il DEI ha da sempre sviluppato attività di Ricerca e Trasferimento tecnologico mediante l'attivazione di convenzioni e di contratti conto terzi. L'attività svolta è testimoniata dai numerosissimi contratti di ricerca che il dipartimento svolge per conto terzi. Il personale docente e tecnico amministrativo del DEI svolge anche attività di Public Engagement e di Formazione Continua.
Il DEI utilizza la piattaforma web del Politecnico di Bari per la Terza Missione, cui i docenti possono liberamente accedere per popolarla di contenuti. Essa è stata progettata in modo che i dati possano essere raccolti in un database strutturato di facile elaborazione per indagini di carattere statistico, che possono essere fatte sia a livello di Ateneo che di Dipartimento.
Il DEI infine svolge attività di ascolto delle parti interessate all'interno dei propri CdS, nello spirito della promozione della cultura della sostenibilità e della innovazione che sono tra i principi fondativi del Politecnico e definiti come chiave strategica nel piano 2017-2019.

### II.3.2. Programmazione operativa 2018-2019 / rif. R4.B.1 /

Al fine di perseguire la vision e la mission del Dipartimento nella terza missione, verranno condotte le seguenti azioni, provvedendo anche a valutarne l'efficacia con opportuni indicatori di monitoraggio.

### II.3.2.1. Azioni per il miglioramento della terza missione

**Azione 6: Consolidare e aumentare le collaborazioni con enti e aziende regionali, nazionali ed internazionali**

Il Dipartimento intende incentivare le attività di orientamento al lavoro e di presentazione alle parti interessate del territorio regionale, nazionale, internazionale delle proprie attività di didattica, ricerca e trasferimento tecnologico. Intende inoltre incrementare i seminari tenuti da operatori del settore nell'ambito di corsi o iniziative del Dipartimento.

Indicatori per il monitoraggio:

- I6.1. Numero di iniziative organizzate per coinvolgere e dialogare con enti e aziende per pubblicizzare le attività di ricerca del Dipartimento.
- I6.2. Numero di borse di Dottorato in apprendistato e numero di posizioni di dottorato industriale in collaborazione con enti e aziende.
- I6.3: Numero di unità di personale tecnico amministrativo messo a disposizione dal Dipartimento a supporto per la rendicontazione dei progetti.

**Azione 7: Consolidare e aumentare le attività di formazione continua e di divulgazione scientifica e culturale (public engagement)**

Il Dipartimento intende organizzare eventi e convegni periodici per divulgare i principali risultati della ricerca.

Indicatori per il monitoraggio:

- I7.1 Numero di iniziative di public engagement organizzate dal Dipartimento.

# III. Riferimenti documentali

- Sito web del DEI, http://dei.poliba.it/DEI-it/index.html
- Sito web del Politecnico di Bari, http://www.poliba.it/
- Piano strategico di Ateneo 2017-2019, http://www.poliba.it/sites/default/files/poliba_piano_strategico_2017-2019_02.pdf
- Piano integrato di Ateneo 2017-2019 http://www.poliba.it/it/amministrazione-trasparente/piano-integrato-di-ateneo-2017-2019
- Politiche di qualità di Ateneo: obiettivi di qualità 2018-2019, http://www.poliba.it/sites/default/files/qualita/20182112_documento_null_sapqa_obiettividiqualita_20182019.pdf
- Linee Guida AVA per l'accreditamento periodico delle Sedi e dei corsi di studio universitari, http://www.anvur.it/attivita/ava/accreditamento-periodico/linee-guida-per-laccreditamento-periodico/
- Linee Guida per la gestione integrata del Ciclo della Performance delle università statali, http://www.anvur.it/wp-content/uploads/2015/07/Linee%20Guida%20Atenei.pdf
- Linee Guida per la gestione integrata dei cicli della performance e del bilancio delle università statali italiane, http://www.anvur.it/wp-content/uploads/2019/01/Linee-Guida-per-la-gestione-integrata-del-ciclo-della-performance-e-del-bilancio.pdf