

Dipartimento di Ingegneria Civile e Industriale

Relazione attività di ricerca

Anno 2022

Sommario

1. La ricerca nel DICl: ricerca interdisciplinare multiscala per uno sviluppo sostenibile	2
1.1 Approccio alla ricerca: sperimentazione e simulazione	4
Laboratori e facilities	4
Calcolo e simulazione	6
1.2 Attività di ricerca	7
Progetti istituzionali.....	8
Progetti di Ateneo	11
Progetti PNRR	11
Workshop e congressi	13
1.3 Contratti Conto Terzi	14
2. Performance e AQ nella Ricerca	15
2.1 Promuovere, sostenere, valutare e disseminare la ricerca dipartimentale	16
2.2 Promuovere e gestire la partecipazione a bandi competitivi, nazionali e comunitari.....	17
2.3 Alcuni indicatori di controllo e performance.....	18
3. Consuntivo della programmazione operativa 2022	26

A cura della Commissione Ricerca del DICl

- Prof. M. Seggiani
- Prof. P.S. Valvo
- Prof. C. Santus
- Ing. R. Alessi
- Ing. P. Neri
- Sig. A. Salvini

e

- Prof. S. Camarri (referente AQ)

Direttrice: Prof.ssa M.V. Salvetti

1. La ricerca nel DICl: ricerca interdisciplinare multiscala per uno sviluppo sostenibile

Il DICl adotta una strategia specifica di ricerca e di innovazione responsabile che si propone di avvicinare sempre di più la scienza e la tecnologia, anche nella sua dimensione interdisciplinare e multidisciplinare, alla comunità tecnico-scientifica di riferimento e a tutta la società per perseguire obiettivi di uno sviluppo sostenibile.

Per potenziare l'attività di ricerca scientifica, il Dipartimento adotta tre principali politiche: 1) rafforzamento dell'interazione tra le diverse discipline scientifiche presenti, 2) rafforzamento delle interazioni con il mondo delle imprese e 3) internazionalizzazione.

La multidisciplinarietà è uno degli elementi distintivi del Dipartimento. In esso sono presenti, infatti, **venti settori scientifici disciplinari afferenti all'Area 09** (ING-IND/03, ING-IND/04, ING-IND/05, ING-IND/06, ING-IND/07, ING-IND/13, ING-IND/14, ING-IND/15, ING-IND/16, ING-IND/17, ING-IND/18, ING-IND/19, ING-IND/20, ING-IND/21, ING-IND/22, ING-IND/24, ING-IND/25, ING-IND/26, ING-IND/27 e ING-IND/34), **sette all'Area 08** (ICAR/04, ICAR/05, ICAR/06, ICAR/07, ICAR/08, ICAR/09 e ICAR/22) e **tre settori scientifici disciplinari afferenti all'Area 01** (MAT/07), **Area 03** (CHIM/07) e **Area 04** (GEO/02). Precipuo obiettivo è valorizzare questa ricchezza di competenze diverse ma sinergiche, per rispondere alle sfide complesse della ricerca applicata che richiedono proprio l'interdisciplinarietà come fattore chiave di successo, in perfetto accordo con la vision europea e nazionale di sviluppo del settore industriale previsto nel PNRR e PNR 2021-27.

Poiché la ricerca del Dipartimento è ispirata fortemente anche dai fabbisogni della realtà industriale, locale e non, rafforzare l'interazione con il mondo delle imprese è di notevole utilità e contribuisce all'arricchimento e potenziamento delle competenze tecnico-scientifiche presenti in Dipartimento. Per tale ragione è stata istituita la **Commissione Rapporti con l'esterno**. Nella squadra di governo del nuovo rettore, Riccardo Zucchi, è stata scelta la Prof. Chiara Galletti come **delegata del Rettore per le relazioni industriali**. La delega riguarda la promozione di accordi con imprese, associazioni di imprese e filiere industriali per ricerca, trasferimento tecnologico e formazione.

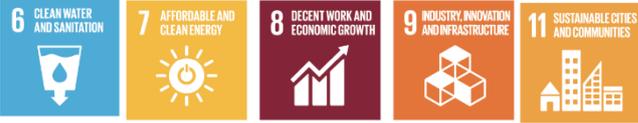
L'internazionalizzazione dell'attività di ricerca è ulteriore aspetto fondamentale per raggiungere una posizione di eccellenza e contribuire allo sviluppo del sapere scientifico. A tal fine, il Dipartimento, con il supporto della Commissione Ricerca, intende potenziare le collaborazioni internazionali con gruppi di ricerca stranieri, incentivare i propri ricercatori a partecipare maggiormente a progetti di ricerca internazionali e promuovere gli scambi di studenti e personale docente con università di elevato prestigio e reputazione. A tale proposito, nel 2022 sono stati ospitati presso il DICl, per attività di ricerca e collaborazioni nell'ambito di progetti, **5 "visiting professor", 10 "visiting fellow" e 7 "visiting student"**.

Molta della moderna ricerca nel campo dell'ingegneria è, per sua natura, **multiscala**, il cui principale approccio è proprio quello di collegare la comprensione del mondo fisico e chimico su scala molto piccola (nanoscala o molecolare) con le prestazioni osservabili dei sistemi macroscopici utilizzati dalla società.

In particolare, i **temi di ricerca** oggetto dell'attività e della produzione scientifica del Dipartimento si inseriscono nelle seguenti **macroaree tematiche**:

- **Ingegneria Aerospaziale**
- **Ingegneria Chimica**
- **Ingegneria Civile**
- **Ingegneria dei Materiali e Nanotecnologie**
- **Ingegneria Meccanica**
- **Ingegneria per il Design Industriale**
- **Ingegneria Gestionale**
- **Ingegneria Nucleare**

e sono riconducibili alle seguenti **macroaree generali**:

- **Sustainable space exploitation**

- **Engineering of Health**

- **Green Energy**

- **Sustainable industrial processes**

- **Circular economy**

- **Earth protection**

- **Sustainable mobility**


1.1 Approccio alla ricerca: sperimentazione e simulazione

La moderna ricerca nell'ingegneria non può non affiancare l'esperienza sperimentale alla modellazione numerica e alla simulazione del comportamento e delle prestazioni dei sistemi studiati. Nel DICl sono, infatti, attivi laboratori sperimentali e laboratori di modellistica e simulazione numerica a supporto delle attività di ricerca.

Tali laboratori sono il frutto di anni di attività di ricerca e sono stati allestiti anche grazie ai finanziamenti ottenuti tramite bandi di ricerca competitivi. Strumentazioni diversificate, sofisticate e all'avanguardia gestite da personale altamente qualificato consentono prestazioni di eccellenza a supporto delle attività dei diversi gruppi di ricerca del Dipartimento e al servizio di imprese e Centri di ricerca italiani e internazionali.

Laboratori e facilities

L'approccio multiscala è presente anche a livello di laboratori, apparecchiature e sistemi sperimentali, riguardando dall'analisi chimico-fisica a livello molecolare fino a veri e propri dimostratori tecnologici. Di seguito alcuni esempi di importanti apparecchiature e sistemi sperimentali:

- Microscopi elettronici (SEM, TEM)
- Sistemi per misure nucleari e radioprotezione
- Laboratori chimici, elettrochimici, biochimici, termochimici e spettroscopici
- Microreattori, microdispositivi e sensoristica
- Laboratori di caratterizzazione dei materiali (metallici, polimerici, compositi, biomateriali, materiali da costruzione) su diverse scale, per applicazioni industriali e civili
- Apparecchiature di Additive Manufacturing di materiali plastici e leghe metalliche
- Attrezzature per prove in situ su infrastrutture di viabilità e trasporto
- Attrezzature per collaudo, controllo e monitoraggio di strutture civili
- Galleria del vento e meccanica del volo
- Laboratori di test su componenti di sistemi e impianti meccanici, biomeccanici, aerospaziali
- Laboratorio di caratterizzazione statica e dinamica di componenti meccanici per provini, particolari, assiemi e banchi prova operativi
- Impianti pilota e banchi full-scale (rotordinamica, operazioni unitarie dell'industria di processo, sistemi energetici, veicoli, strutture civili e impianti nucleari)

I laboratori attivi, per cui sono disponibili le relative schede sul sito web del Dipartimento (<https://www.dici.unipi.it/laboratori>), sono riportati di seguito.

ING. AEROSPAZIALE

Laboratorio di Fluidodinamica Computazionale

Laboratorio di Propulsione Elettrica

Galleria del Vento

Laboratorio Fly-By-Wire

Laboratorio di Meccanica del Volo

Laboratorio di Sistemi Spaziali (SpaceLab)

Laboratorio di Strutture e Materiali Aerospaziali

ING. CHIMICA

Laboratorio di Controllo di Processi Chimici

Lab. di Fluidodinamica Computazionale
Multifase e Reattiva

Lab. di operazioni unitarie e impianti chimici

Laboratorio di Ingegneria elettrochimica

Lab. di reattoristica chimica per ambiente,
energia e sicurezza

ING. CIVILE

Laboratorio Ufficiale per le Esperienze sui Materiali
da Costruzione

Lab. sperimentale per le infrastrutture di trasporto

Laboratorio Geotecnico

Laboratorio Astro

ING. DEI MATERIALI E NANOTECNOLOGIE

Formulazione, lavorazione e modifica
superficiale di materiali polimerici e compositi

Lab. di produzione e caratterizzazione di
materiali polimerici per applicazioni in campo
BIOmedico e NANOTecnologico (BIONANO-lab)

Laboratorio di Colture Cellulari

Laboratorio di Dosimetria e Biodosimetria

Lab. preparazione e caratterizzazione di
Biomateriali

Lab. preparazione e caratterizzazione di
materiali inorganici nanostrutturati

Lab. Produzione di Compositi a Matrice
Ceramica (CMC) – Lab. congiunto IPCF-CNR/DICI

Lab. proprietà elettromeccaniche di materiali e
dispositivi

Laboratorio di Reologia (ReoLab)

Lab. di modifica bitumi per applicazioni speciali

Lab. di caratterizzazione termica, strutturale e
morfologica

ING. MECCANICA

Laboratorio di Automotive Design

Laboratorio Additive Manufacturing

Laboratorio di Estensimetria

Laboratorio Prove meccaniche

Laboratorio Dinamica delle Giranti

Laboratorio di Metrologia

Laboratorio di Meccanica dei Robot

Laboratorio di Tribologia

Laboratorio di Rotordinamica e Cuscinetti

Laboratorio di Biomeccanica

ING. PER IL DESIGN INDUSTRIALE

Laboratorio CAD 3DVision

Laboratorio di stampa 3D e prototipazione rapida

ING. GESTIONALE

Business Engineering for Data Science Lab (B4DS)

ING. NUCLEARE

Laboratorio di Misure Nucleari

Laboratorio di Termoidraulica

Lab. di Simulazione per la Termoidraulica Nucleare

Laboratorio di qualificazione di contenitori per
trasporto e stoccaggio di RW (LIN)

Il DICl, inoltre, è membro del Centro per l'Integrazione della Strumentazione scientifica dell'Università di Pisa (CISUP).

Calcolo e simulazione

Presso il DICl sono disponibili codici di calcolo e simulatori, sia sviluppati internamente che commerciali, per la simulazione multiscala/multifisica in una molteplicità di contesti CFD, simulazione di processo, modelli strutturali, etc.).

Tra i codici commerciali disponibili menzioniamo ANSYS Multiphysics (<https://www.ansys.com>), disponibile nell'ambito di una licenza CAMPUS 25/250, che comprende strumenti per la simulazione numerica avanzata in molteplici contesti, come la CFD, la simulazione strutturale e simulazioni di elettromagnetismo. La licenza comprende, oltre a numerose licenze per la didattica, licenze ricerca e licenze per simulazioni HPC.

In ambito strutturale sono poi disponibili i codici:

- MSC FEA (<https://www.mscsoftware.com/product/fea-afea-and-tfea>), che include strumenti classici come Patran e Nastran;
- Abaqus Unified FEA (<https://www.3ds.com/products-services/simulia/products/abaqus/>);
- Straus7 (<http://www.straus7.com/>).

Nell'ambito della modellazione CAD, sono disponibili:

- CATIA (<https://www.diessecim.it/catia/>) e SOLIDWORKS (<https://www.solidworks.com/>).

Presso il DICl sono poi disponibili altri software commerciali, quali:

- MATHCAD (<https://www.mathcad.com/>), UNISIM (<https://www.honeywellprocess.com/en/US/explore/products/advanced-applications/unisim/Pages/default.aspx>);
- STAR-CCM+ (https://www.plm.automation.siemens.com/global/en/products/simcenter/STAR_CCM.html), SAP2000 (<https://www.csiamerica.com/products/sap2000>),
- SLIDE (<http://www2.ing.unipi.it/geotecnica/Rocscience%20Installazione.htm>),
- TESTLAB (<https://www.plm.automation.siemens.com/global/it/products/simcenter/testlab.html>)

Per quanto riguarda i codici non commerciali, oltre all'uso di strumenti di calcolo opensource che sono correntemente usati da vari gruppi di ricerca all'interno del DICl, vengono anche sviluppati codici di calcolo interni pensati per applicazioni specifiche.

1.2 Attività di ricerca

Le informazioni sulle **attività di ricerca** del dipartimento sono riportate sul sito del Dipartimento al link <https://dici.unipi.it/ricerca/attivita-di-ricerca/> sotto le diverse aree tematiche. Di seguito si riportano le liste delle attuali linee di ricerca per cui sono disponibili le relative schede sul sito web del Dipartimento.

<ul style="list-style-type: none"> • Meccanica del Volo • Costruzioni e Strutture Aerospaziali • Impianti e Sistemi Aerospaziali • Fluidodinamica • Propulsione Aerospaziale 	<ul style="list-style-type: none"> • Recupero/valorizzazione di rifiuti e residui • Bio-energia • Efficientamento e decarbonizzazione • Valutazione e gestione della sicurezza, protezione e impatto ambientale • Sostenibilità e Green Chemistry
<ul style="list-style-type: none"> • Infrastrutture e sistemi di trasporto, estimo e valutazione • Geomatica • Geotecnica • Scienza delle costruzioni • Tecnica delle costruzioni 	<ul style="list-style-type: none"> • Processazione e caratterizzazione di blends polimerici, compositi a matrice polimerica e biopolimeri/biocompositi sostenibili • Processazione e caratterizzazione di materiali compositi a matrice ceramica • Modellazione micromeccanica dei processi di danneggiamento e di frattura dei materiali • Materiali da fonti rinnovabili • Materiali bituminosi additivati • Biomateriali e Ingegneria Tissutale • Sistemi particellari per il rilascio controllato di agenti attivi • Dosimetria e biodosimetria per radiazioni ionizzanti
<ul style="list-style-type: none"> • Natural Language Processing • Industria 4.0 • Paper & Patent Intelligence • HR 4.0 & Skills • Education Design 	
<ul style="list-style-type: none"> • Reverse Engineering • 3D scanning • Image Processing • 3D Medical Imaging • Additive Manufacturing • Realtà virtuale e aumentata 	
<ul style="list-style-type: none"> • Caratterizzazione della resistenza dei materiali • Costruzione di veicoli • Reverse engineering, Dinamica sperimentale, Design for additive manufacturing e Extended reality • Tecnologie e sistemi di lavorazione • Impianti Industriali meccanici • Meccanica applicata alle macchine 	<ul style="list-style-type: none"> • Sicurezza e protezione degli impianti nucleari a fissione e fusione • Problematiche termoidrauliche • Incidenti Severi • Integrità strutturale e problemi di progettazione • Gestione dei rifiuti radioattivi e decommissioning • Misure nucleari e radioprotezione • Core design e fisica dei reattori • Simulazione numerica CFD, FEM e Montecarlo

Progetti istituzionali

Il DICl vanta ottimi risultati in termini di progetti finanziati a livello internazionale e nazionale grazie alla qualità della ricerca che i propri ricercatori portano avanti e a una serie di azioni coordinate e mirate a sostegno della progettualità. In un contesto tanto competitivo quale quello europeo il DICl ha ottenuto nel 2022 ben 12 progetti su bandi H2020. Nel 2022 sono risultati attivi 57 progetti (H2020, LIFE, MUR, Regione Toscana, etc.), di cui si riporta l'elenco nella Tabella sottostante.

Per una descrizione più dettagliata si rimanda al link <https://dici.unipi.it/ricerca/progetti-finanziati/progetti-attivi/>.

Progetto	Programma	Area
ACCORDO MIC E OPERA PRIMAZIALE PISANA	Direzione generale sicurezza del patrimonio culturale	Ingegneria Civile
ALACRES2	Horizon 2020	Ingegneria Gestionale
AMBER	Horizon 2020	Ingegneria Aerospaziale
ANSELMUS	Horizon 2020	Ingegneria Nucleare
ASCENSION	Horizon 2020	Ingegneria Aerospaziale
ASCENSION	Horizon 2020	Ingegneria Aerospaziale
ASSETs	Horizon 2020	Process Engineering & Manufacturing
BIONTOP	Horizon 2020	Ingegneria dei Materiali e Nanotecnologie
BUILDCHAIN	Horizon 2020	Ingegneria Civile
CAFRE_Erasmus_Lanzetta_2018	Horizon 2020	Process Engineering & Manufacturing
CAMIVVER	Horizon 2020	Ingegneria Nucleare
CEM-WAVE	Horizon 2020	Ingegneria dei Materiali e Nanotecnologie
CHEOPS	Horizon 2020	Ingegneria Aerospaziale
CONSTRUCTADD	Horizon 2020	Ingegneria Civile
CTR REGIONE TOSCANA COMMISSARIO DI GOVERNO	COMMISSARIO DI GOVERNO CONTRO IL	Ingegneria Civile

	DISSESTO IDROGEOLOGICO	
DESDEMONA	Horizon 2020	Ingegneria Civile
DIGIMAN4	Horizon 2020	Ingegneria Gestionale
DISSIPABLE	Horizon 2020	Ingegneria Civile
ECC-SMART	Horizon 2020	Ingegneria Nucleare
ECOAT	Horizon 2020	Ingegneria dei Materiali e Nanotecnologie
ELSMOR	Horizon 2020	Ingegneria Nucleare
ENEN Plus	Horizon 2020	Ingegneria Nucleare
ENEN2 PLUS	Horizon 2020	Ingegneria Nucleare
ERASMUS+ E-STEM	Horizon 2020	Process Engineering & Manufacturing
EUROFUSION 21-25	Horizon 2020	Ingegneria Nucleare
FASTCOLD	Horizon 2020	Ingegneria Civile
FORMPLANET	Horizon 2020	Ingegneria dei Materiali e Nanotecnologie
FRONTSEAT	Horizon 2020	Ingegneria Chimica
GRISPE PLUS	Horizon 2020	Ingegneria Civile
HYCAD	Horizon 2020	Ingegneria Civile
IPTS REMANUFACTURING	FORMETICA	Ingegneria Meccanica Ingegneria Aerospaziale
LASTTS	Horizon 2020	Ingegneria Civile
LIFE SECURDOMINO	LIFE 2020	Ingegneria Chimica
LIST PORT	Horizon 2020	Ingegneria Civile
MAESTRO	Horizon 2020	Process Engineering & Manufacturing
MARBLETech Erasmus+	Horizon 2020	Process Engineering & Manufacturing

MUSA	Euratom	Ingegneria Nucleare
NARSIS	Horizon 2020	Ingegneria Nucleare
OperaHPC	Horizon 2020	Ingegneria Nucleare
PATRICIA	Horizon 2020	Ingegneria Nucleare
PREDIS	Horizon 2020	Ingegneria Nucleare
PRIME-VR2	Horizon 2020	Ingegneria Meccanica e Aerospaziale
PROLIFIC	Horizon 2020	Ingegneria dei Materiali e Nanotecnologie
PROVINCIA LUCCA (PONTI)	Provincia di Lucca - Servizio Difesa del Suolo	Infrastructures, Construction, Durability and Cultural Heritage
RADIOPROTEZIONE 2022	ATENEO	Ingegneria Nucleare
RECOVER	Horizon 2020	Ingegneria dei Materiali e Nanotecnologie
REGIONE TOSCANA - BORGHI DIGITALI	REGIONE TOSCANA	Process Engineering & Manufacturing
RELUIS 2022	CONSORZIO RELUIS	Ingegneria Civile
REVOC4LIFE	LIFE 2020	Ingegneria Chimica
SEAKNOT	Horizon 2020	Ingegneria Nucleare
STEELWAR	Horizon 2020	Ingegneria Civile
STEELWAR - PARTNERS	Horizon 2020	Ingegneria Civile
TANDEM	Horizon 2020	Ingegneria Nucleare
TURBOFLUX	Regione Toscana	Ingegneria Chimica
VALIDATIO (MARIE CURIE)	Horizon 2020	Ingegneria Nucleare
VOC-TAN	Regione Toscana	Ingegneria Chimica
VULNERABILITA' SISMICA	ATENEO	Ingegneria Civile

Progetti di Ateneo

Si riportano di seguito gli 8 Progetti di Ricerca di Ateneo (PRA) finanziati nel 2022 (di durata biennale).

Responsabile	Progetto	Finanziamento (euro)
Lorenzo Niccolai	<i>Sail Space Trash Aerodrag Removal (Sail-STAR)</i>	21.800
Francesco Tamburrino	<i>Optimization of extrusion-based additive manufacturing for metallic and ceramic parts</i>	28.418
Francesco Bucchi	<i>Sviluppo di un impianto a basso impatto ambientale per il test di manti stradali e sistemi veicolo</i>	24.256
Maurizia Seggiani	<i>Schiуме rigide poliuretatiche da fonti rinnovabili per pannelli termoisolanti e fonoassorbenti (BIO-UREFOAM)</i>	25.054
Vito Gigante	<i>BIO-based CAST extruded films with enhanced properties tailored for food packaging (BIOCAST)</i>	32.892
Ciro Santus	<i>Determinazione di tensioni residue combinando il metodo del foro e digital image correlation (DIC)</i>	23.235
Roberto Alessi	<i>Advanced modelling of ultra-lightweight materials and structures</i>	23.787
Mario Milazzo	<i>Smart Endotracheal Tubes to improve anestHesiology practlces (SETHI)</i>	31.619
TOTALE		211.061

Progetti PNRR

Il DICl è stato coinvolto, come soggetto affiliato, in n.2 Centri Nazionali (CN) di Ricerca, n. 3 Partenariati Estesi (PE) e un Ecosistema dell'Innovazione istituiti nell'ambito del Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR).

Centri Nazionali

CN1 - Centro Nazionale di Ricerca HPC, Big data e Quantum Computing

- 8 docenti/ricercatori esposti nello spoke 6 (Multiscale modeling engineering applications)
- 3 docenti/ricercatori nello spoke 7 (Material & Molecular Science)

CN4 - Centro Nazionale di Mobilità Sostenibile

- 4 docenti nello spoke 7 (CCAM, Connected Networks and Smart Infrastructure)

- 1 docente esposto nello spoke 10 (Logistica merci)
- 7 docenti esposti nello spoke 11 (Materiali innovativi e alleggerimento)
- 1 docente esposto nello spoke 13 (Electric traction systems & Batteries)

Partenariati Estesi (PE)

Intelligenza artificiale: aspetti fondazionali (FAIR – PE1)

1 docente nello spoke 1 (Human centered AI)

Scenari energetici del futuro (NEST – PE2)

3 docenti nello spoke 3 (Bioenergy & New Biofuels for a Sustainable Future), il DICl è spoke leader.

1 docente nello spoke 4 (Clean Hydrogen and final uses)

1 docente nello spoke 6 (Energy storage)

1 docente nello spoke 8 (Final use optimization, sustainability & resilience in energy supply chain)

Diagnostica e terapie innovative nella medicina di precisione (HEAL ITALY – PE6)

- 1 ricercatore nello spoke 3 (Prediction models)

Ecosistemi dell'innovazione

THE – Tuscany Health Ecosystem (ECS – Ecosistema dell'innovazione sulle scienze e le tecnologie della vita in Toscana)

1 docente nello spoke 1 (Advanced Radiotherapies and diagnostics in oncology)

1 ricercatore nello spoke 3 (Advanced technologies, methods, materials and health analytics)

6 docenti esposti nello spoke 4 (Nanotechnologies for diagnosis and therapy)

1 docente nello spoke 6 (Precision Medicine & Personalized Healthcare)

2 docenti esposti nello spoke 9 (Robotics and Automation for Health)

In totale sono stati esposti 42 docenti/ricercatori (26 uomini e 16 donne)

Nell'ambito del finanziamento del PNRR sono state acquisite le seguenti risorse di personale nell'ambito dei vari spoke dei CN, PE e THE:

- ✓ 1 dottorato in Ing. Industriale su CN1 HPC spoke 6 Multiscale modelling & Engineering applications.
- ✓ 1 dottorato in Ing. Industriale su Ecosistema THE - spoke 4 Nanotechnologies for diagnosis and therapy.
- ✓ 1 dottorato in Ing. Industriale su CN4 spoke 13 Electric traction systems & Batteries.
- ✓ 1 RTDA in CHIM/07 "Fondamenti chimici delle tecnologie" - CN4 – spoke 11 Materiali innovativi e alleggerimento.
- ✓ 1 RTDA in ING-IND/21 "Metallurgia" – CN4 – spoke 11 Materiali innovativi e alleggerimento.
- ✓ 1 RTDA in ING-IND/13 "Meccanica applicata alle macchine" – CN4 – spoke 11 Materiali innovativi e alleggerimento.
- ✓ 1 RTDA in ING-IND/06 "Fluidodinamica" – CN1 HPC - spoke 6 - Multiscale modelling & Engineering applications.
- ✓ 1 RTDA in ING-IND/25 "Impianti Chimici" – PE NEST – spoke 3 - Bioenergy & New Biofuels for a Sustainable Future.
- ✓ 1 RTDA in ING-IND/26 "Teoria dello Sviluppo dei Processi Chimici" – PE NEST spoke 3 e spoke 8 - Final Use Optimiz., Sustainability & Resilience in En. Supply Chain.
- ✓ 1 RTDA in ING-IND/24 "Principi di Ingegneria Chimica" – PE NEST – spoke 6 - Energy storage.
- ✓ 1 RTDa in ICAR/09 "Tecnica delle Costruzioni" – CN4 – spoke 7 - CAM, Connected Networks and Smart Infrastructure.

Workshop e congressi

Nel 2022 il Dipartimento ha patrocinato:

- la **1st Conference on Green Chemistry & Sustainable Coatings** che si è svolta presso il Centro Congressi Le Benedettine, Pisa dal 17 al 18 giugno 2022 (Conference Chair: Patrizia Cinelli) che ha visto la partecipazione di 32 speaker provenienti da varie università e centri di ricerca europei.

- la **2nd Summer School Integration Week Bio & Pharmaceutical Materials Science (BIOPHAM)**" che si è svolta dal 12 al 18 Settembre 2022 a Pisa (Polo Piagge) con il coinvolgimento del Dipartimento di Ingegneria Civile e Industriale (referente Prof.ssa Serena Danti) insieme ai Dipartimenti di Fisica, Chimica e Chimica Industriale, Ingegneria dell'Informazione e Scuola Normale Superiore. Hanno partecipato 28 studenti provenienti da tutto il mondo, speaker di 12 aziende italiane e internazionali, e di varie università internazionali, incluso USA, Brasile, Cameroon, Giappone.

- la **Conferenza Europea User Experience Design for Virtual Rehabilitation** presso il Centro Congressi Le Benedettine, Pisa dal 13 al 14 ottobre 2022. L'evento, organizzato dal DICl nell'ambito del progetto PRIME-VR2, ha ospitato la comunità di ricercatori impegnati nell'esplorazione di metodologie e soluzioni innovative per la progettazione di dispositivi interattivi per la riabilitazione tramite le tecniche di additive manufacturing e realtà virtuale.

1.3 Contratti Conto Terzi

Il DICl promuove attivamente, tramite l'unità organizzativa di Terza Missione, le attività di trasferimento tecnologico e valorizzazione della ricerca sia attraverso la stipula di accordi di collaborazione con le aziende del territorio e sia attraverso attività di consulenza e know-how transfer, che vengono stipulate attraverso contratti conto terzi.

I contratti e le convenzioni nelle prestazioni conto terzi e in collaborazione che i Dipartimenti possono effettuare dietro corrispettivo nell'interesse prevalente del committente, pubblico o privato, all'interno della sfera d'impresa dell'Università e nei limiti previsti dalla legge per lo svolgimento di tali attività sono regolati dall'art. 70 del Regolamento di Ateneo per l'Amministrazione la Finanza e la Contabilità.

DICl ha standard applicativi interni e svolge i seguenti tipi di prestazioni conto terzi:

- contratti di ricerca e consulenza tecnico-scientifica
- consulenza e assistenza tecnica, scientifica, gestionale e di pianificazione
- organizzazione di conferenze
- formazione extrauniversitaria
- attività regolate da tariffari (analisi, prove, calibrazioni, consulenza tecnica a tempo)

I contratti di ricerca e consulenza tecnico-scientifica costituiscono vere e proprie attività di ricerca e sviluppo e contribuiscono a una parte significativa (mediamente 2,2 M€/anno negli ultimi 6 anni) dei finanziamenti dipartimentali (vedi Figura 7 seguente). Nell'anno 2022 il DICl ha acquisito complessivamente 73 nuovi contratti conto-terzi, di cui il 60 % di importo superiore a 10 k€ (Figura 13).

2. Performance e AQ nella Ricerca

Il Dipartimento intende consolidare e incrementare il livello della ricerca, fondamentale e applicata, e dei relativi risultati di qualità e competitività in tutti i settori scientifico-disciplinari afferenti al Dipartimento, sia a livello nazionale che internazionale. Il DICI adotta una strategia specifica di **ricerca e di innovazione responsabile** che si propone di avvicinare sempre di più la scienza e la tecnologia, anche nella sua dimensione interdisciplinare, alla comunità di riferimento e alla società tutta per perseguire obiettivi di sviluppo sostenibile. Nella consapevolezza che la ricerca fondamentale e l'innovazione stiano assumendo una funzione cruciale nel fronteggiare le molteplici sfide in atto dal punto di vista economico, sociale e ambientale, il DICI ritiene necessario che la governance dei meccanismi di produzione della ricerca si allinei con le motivazioni che sorreggono il perseguimento dei **17 obiettivi per lo sviluppo sostenibile** fissati nella risoluzione ONU dell'Agenda 2030 e si diriga al perseguimento degli obiettivi prefissati, anche attraverso processi di revisione dei metodi della ricerca e dell'innovazione. D'altra parte, la legge 240/2010 ha attribuito ai Dipartimenti la piena responsabilità sia delle attività didattiche che di ricerca e di terza missione. Per questa ragione l'accreditamento degli atenei, oltre all'AQ dei CdS, prevede anche l'AQ delle attività di ricerca e di terza missione dei dipartimenti.

Il Dipartimento compila annualmente un Rapporto sulla Ricerca (in sostituzione della **Scheda Unica Annuale della Ricerca Dipartimentale (SUA-RD)** che non è stata richiesta da ANVUR negli ultimi anni) che contiene le informazioni e i dati per la valutazione della ricerca e il monitoraggio della terza missione all'interno del sistema AVA.

Il DICI si propone quindi di perseguire politiche di **assicurazione di qualità della ricerca (AQ)** tramite indicatori trasparenti in linea con le indicazioni dell'Agenzia Nazionale della Valutazione della Ricerca per i propri settori, ai fini del monitoraggio e del riesame posti alla base dei processi di miglioramento continuo. Una capacità di **verifica costante** dell'andamento della ricerca nelle varie aree del Dipartimento appare necessaria, quanto meno per i seguenti fini:

- monitorare l'attuazione delle politiche e obiettivi, sia di Dipartimento che dei Settori Concorsuali e Scientifico-Disciplinari ad esso afferenti
- saper cogliere le opportunità fornite dalle varie filiere di possibili finanziamenti istituzionali e non, incluse quelle legate alla programmazione triennale
- poter rispondere efficacemente alle procedure di valutazione ANVUR-VQR

Il DICI ha istituito (Art. 18 del Regolamento di Dipartimento) la **Commissione Ricerca** che ha le seguenti funzioni istruttorie:

- *propone, con la collaborazione dei membri del Dipartimento, il piano di sviluppo triennale della ricerca;*
- *raccoglie i risultati di valutazione dell'attività di ricerca del DICI secondo i parametri di valutazione utilizzati in ambito nazionale e internazionale e, inoltre, svolge un'azione di monitoraggio interno della ricerca del Dipartimento e ne redige una relazione con cadenza almeno annuale;*
- *propone azioni incentivanti l'attività di ricerca di neo-laureati, dottorandi e assegnisti;*
- *promuove lo sviluppo, la gestione e i criteri di valutazione del Dottorato di ricerca;*
- *svolge azione di monitoraggio e coordinamento della partecipazione a progetti di Ateneo, Nazionali e Internazionali.*

Le strategie relative alle attività di ricerca definite per il 2023-2024 sono elencate di seguito:

- **Promuovere, sostenere, valutare e disseminare la ricerca dipartimentale**
- **Promuovere e gestire la partecipazione a bandi competitivi, nazionali e comunitari**
- **Sostenere l'alta formazione dottorale e i giovani ricercatori**

2.1 Promuovere, sostenere, valutare e disseminare la ricerca dipartimentale

Il DICl assume verso i propri docenti e ricercatori l'impegno di promuovere, sostenere e divulgare la loro ricerca.

La Commissione Ricerca del DICl supporta la Direzione per il raggiungimento dei seguenti **obiettivi**:

- Sensibilizzare i ricercatori all'approccio alla **Responsible Research and Innovation (RRI)**.
- Sostenere le **ricerche di gruppo** dipartimentali e **interdisciplinari**, promuovendo le attività di ricerca integrate e i **processi di collaborazione** con altri Dipartimenti, Università, Enti e Centri di ricerca.
- Sensibilizzare i ricercatori alle **procedure di valutazione**:
 - Fornendo adeguato supporto alle stesse;
 - Supportando e incentivando il **sistema di raccolta dei prodotti della ricerca**.
 - Monitorando i dati reperibili da **piattaforme** preposte alla valutazione dei prodotti della ricerca.
- Manutenere e potenziare le attrezzature e infrastrutture di ricerca, con azioni di **riqualificazione dei laboratori**, anche mediante impegno di risorse dipartimentali.
- Disseminare i risultati della ricerca attraverso il perseguimento di **iniziative specifiche di disseminazione** dei risultati della ricerca aperte al contesto economico, sociale e ambientale di riferimento (organizzazione eventi di disseminazione delle attività di ricerca intra interdipartimentale, sito web dipartimentale, newsletter, etc.).
- Sviluppare sistemi di assicurazione della qualità della ricerca dipartimentale attraverso opportuni **indicatori**.

La Commissione Ricerca si avvale e collabora, a seconda della necessità, con il **responsabile dell'Accreditamento della Qualità (AQ)** di Dipartimento (Prof. Simone Camarri) che rappresenta il sostanziale raccordo tra il Presidio della Qualità di Ateneo e il Dipartimento, al fine di facilitare l'attuazione e il monitoraggio delle Politiche della Qualità.

Il monitoraggio e la valutazione della qualità della ricerca avvengono attraverso indicatori specifici, così da poter verificare collegialmente lo stato della ricerca e, qual ora dovesse essere necessario, proporre e attuare tempestive ed efficaci azioni correttive.

Gli **indicatori di controllo** comprendono:

- Numerosità delle pubblicazioni e contributi totali (indicizzate per i settori bibliometrici) – database ARPI (l'Archivio della Ricerca dell'Università di Pisa) - IRIS.

- Qualità delle pubblicazioni (Impact Factor delle riviste, numerosità delle citazioni, Hindex per i settori bibliometrici – ARPI IRIS)
- Numerosità e qualità delle pubblicazioni dei neo assunti (RTDB, PA, PO) – ARPI IRIS
- Numero dei coordinatori di gruppi e progetti di ricerca
- Numero dei progetti di ricerca finanziati
- Numero dei progetti di ricerca integrata e in collaborazione con altri enti di ricerca
- Livello di correttezza e completezza dei dati presenti su ARPI IRIS e su banche dati internazionali
- Numero delle attività di disseminazione verso l'esterno dei risultati della ricerca
- Risultati della VQR

2.2 Promuovere e gestire la partecipazione a bandi competitivi, nazionali e comunitari

Il DICl assume, verso i propri docenti e verso le istituzioni nazionali e internazionali, l'impegno di incentivare la partecipazione ai progetti da bandi competitivi. La Direzione del Dipartimento, con l'ausilio della Commissione Ricerca, si avvale della collaborazione dell'Unità Ricerca del DICl allo scopo di:

- Informare e assistere i ricercatori della/nella partecipazione a progetti di ricerca regionali, nazionali e internazionali e supportarli sugli aspetti finanziari, gestionali e amministrativi delle proposte di progetto nelle fasi di progettazione, gestione, rendicontazione e audit, anche attraverso il coinvolgimento di personale amministrativo opportunamente formato e /o reclutato ad hoc (*tecnologi*)
- Svolgere attività di informazione e di formazione di docenti, ricercatori e personale tecnico-amministrativo direttamente coinvolti nella presentazione di progetti, gestione e rendicontazione di progetti finanziati a seguito di bandi competitivi (***Linee guida progetti istituzionali***)
- Partecipare a reti e network per lo sviluppo di proposte progettuali
- Gestire i processi, le attività e i procedimenti relativi alle attività di ricerca istituzionale (***Processi dell'Unità Ricerca***)

Indicatori di controllo

- Risorse (umane e finanziarie) specificatamente destinate al supporto per la partecipazione ai bandi competitivi, in particolare europei e internazionali
- Numero di progetti finanziati
- Rapporto tra risorse (umane e finanziarie) stanziato, progetti presentati e progetti finanziati
- Numero di procedimenti relativi ai processi dell'Unità Ricerca

2.3 Alcuni indicatori di controllo e performance

Di seguito si riportano alcuni importanti indicatori adottati per valutare e monitorare la performance scientifica e di trasferimento tecnologico del Dipartimento.

Produzione scientifica

La **Figura 1** mostra l'evoluzione, dal 2016 al 2022, dei prodotti di ricerca inseriti su ARPI dal personale del DICI (istogrammi arancioni). Si osserva come nell'anno 2022 si è avuto un aumento del numero di contributi su rivista e un rilevante aumento del numero dei prodotti totali, probabilmente dovuto sia all'aumento dell'organico registrato nell'anno 2022 (vedi **Figura 2**) sia alla ripresa delle attività congressuali dopo il periodo della pandemia. Soprattutto quest'ultimo fattore ha portato a una diminuzione della percentuale dei contributi in rivista sul numero totali di prodotti della ricerca (linea grigia in Figura 1), passando da circa il 68 % del biennio precedente al 58% nel 2022, come nel periodo pre-pandemia.

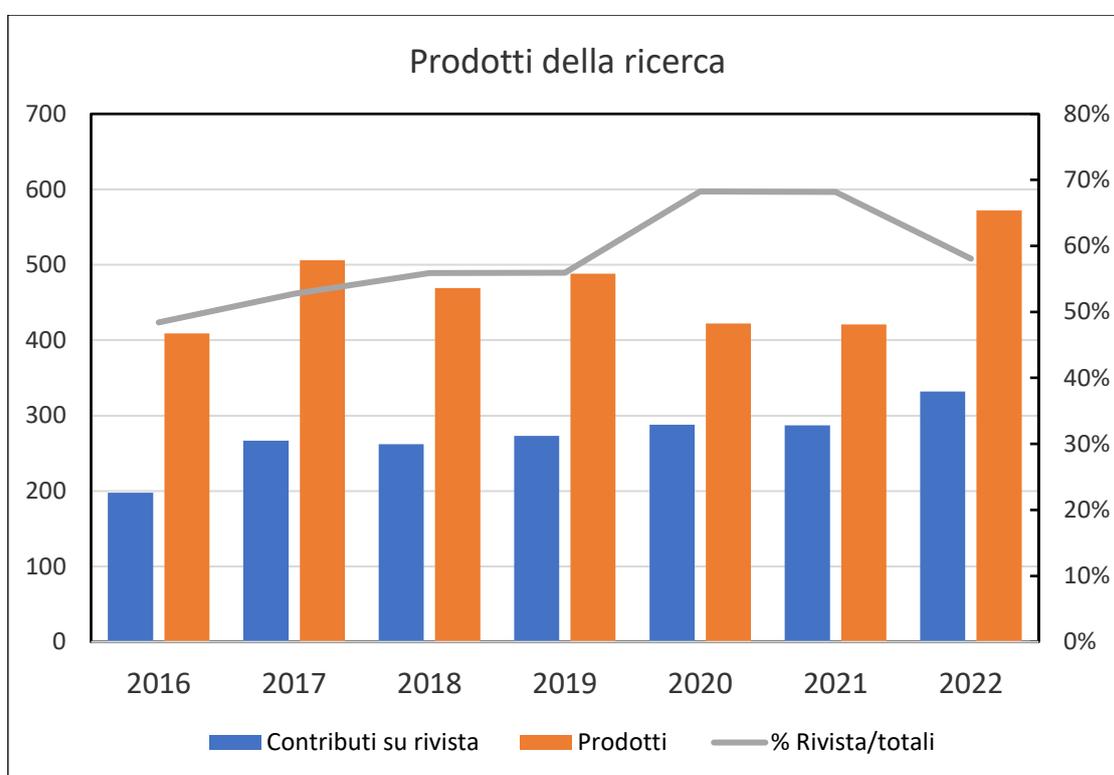


Figura 1: Numero di contributi su rivista, numero di prodotti totale inseriti in ARPI dal personale DICI e percentuale dei contributi su rivista rispetto al numero totale di prodotti.

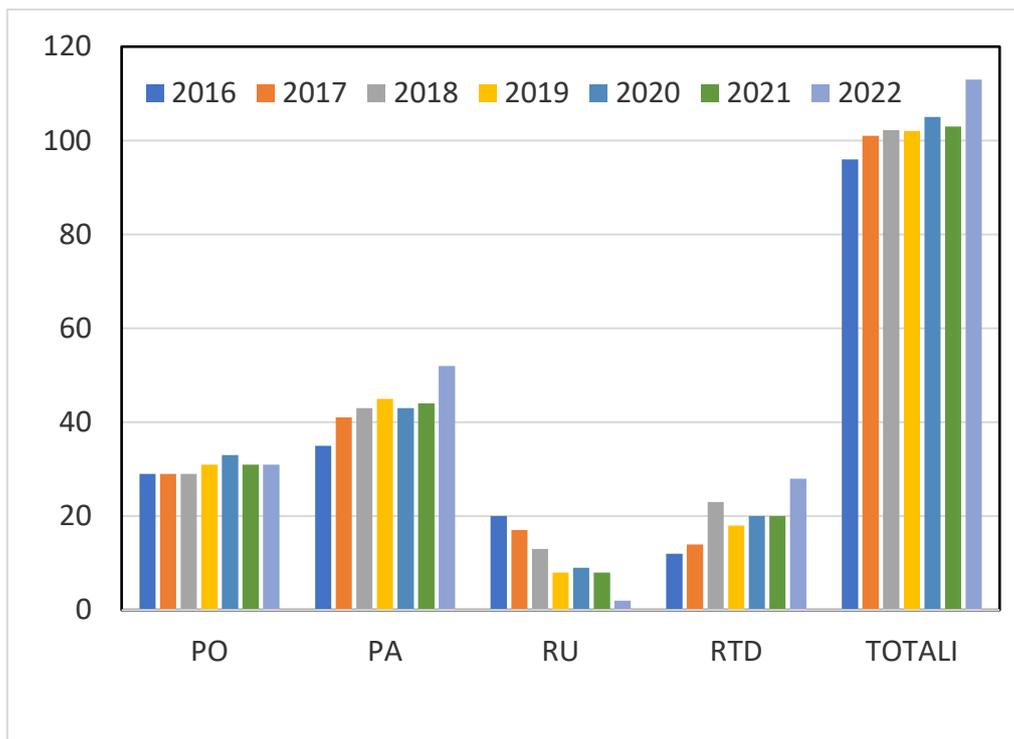


Figura 2: Evoluzione dell'organico del DICI dal 2016 al 2022.

Dalla Figura 2 si osserva una netta diminuzione nel 2022 dei Ricercatori a tempo indeterminato (RU) che sono passati nella fascia degli associati (PA) e un aumento dei Ricercatori a Tempo Determinato (RTD), dovuto soprattutto ai bandi PON, con un conseguente aumento dell'organico di dieci unità rispetto all'anno precedente.

La **Figura 3** mostra il numero di prodotti caricati su ARPI normalizzato con la numerosità dell'organico del DICI (istogrammi arancioni). Si vede come questo indicatore non mostri un trend ben definito, oscillando fra 4 e 5. Invece, si vede come ci sia una costanza nel numero di contributi in rivista per unità di personale (istogrammi blu) negli ultimi anni mantenendosi su valori (2.7-2.9) vicini a 3. Questo conferma una certa costanza della produzione di contributi su rivista del personale del DICI. Il valore nel 2022 risulta di poco inferiore alla soglia di 3, che è il numero medio di prodotti per docente/ricercatore richiesti nella Valutazione della Qualità della Ricerca (VQR). Si ritiene, visto il costante aumento di tale indicatore, che si arrivi nel 2023 a superare la soglia dei 3 contributi su rivista. Tenendo presente che è auspicabile far esporre tre lavori a tutti i docenti valutabili nella prossima VQR 2020-2024 e che generalmente i lavori pubblicati coinvolgono più docenti del Dipartimento, è desiderabile che la produttività media annua per docente/ricercatore sia nel prossimo biennio (2023-2024) nettamente superiore a 3.

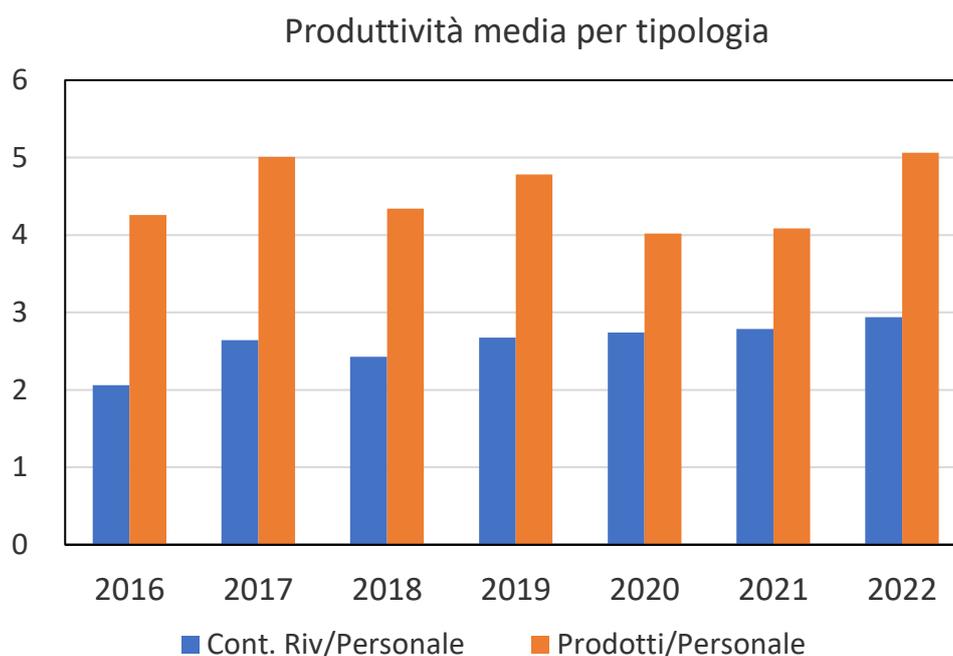


Figura 3: Numero di prodotti e di contributi in rivista presenti su ARPI normalizzati con la numerosità dell'organico del DICl.

Un altro parametro che può fornire utili informazioni sulla qualità della ricerca svolta dai docenti/ricercatori del DICl è il rating di valutazione annuo, assegnato a valle di un percorso di valutazione interna della qualità dei prodotti della ricerca, disponibili sull'Archivio della Ricerca di Ateneo ARPI, di ciascun ricercatore dell'Università. La valutazione è condotta da Commissioni Scientifiche di Area, composte da ricercatori dell'Ateneo rappresentanti delle 14 aree scientifiche nelle quali sono raggruppate tutte le discipline scientifiche secondo quanto stabilito dalle linee guida sulla valutazione dei prodotti della ricerca per l'attribuzione del rating. Presso il DICl, la maggior parte dei docenti/ricercatori appartiene alle aree 08 e 09. In **Figura 6** si riporta il confronto dei rating medi assegnati nel 2021 e nel 2022, rispettivamente, relativo ai docenti appartenenti all'area 08 (21 docenti afferenti al DICl su 36 valutabili) e 09 (74 docenti del DICl su 216 valutabili), afferenti ai tre dipartimenti della Scuola di Ingegneria.

Come si osserva, il rating medio dei docenti del DICl, pur essendo migliorato rispetto al 2021 per l'Area 09, risultano più bassi dei rating medi dei docenti del DII e DESTEC.

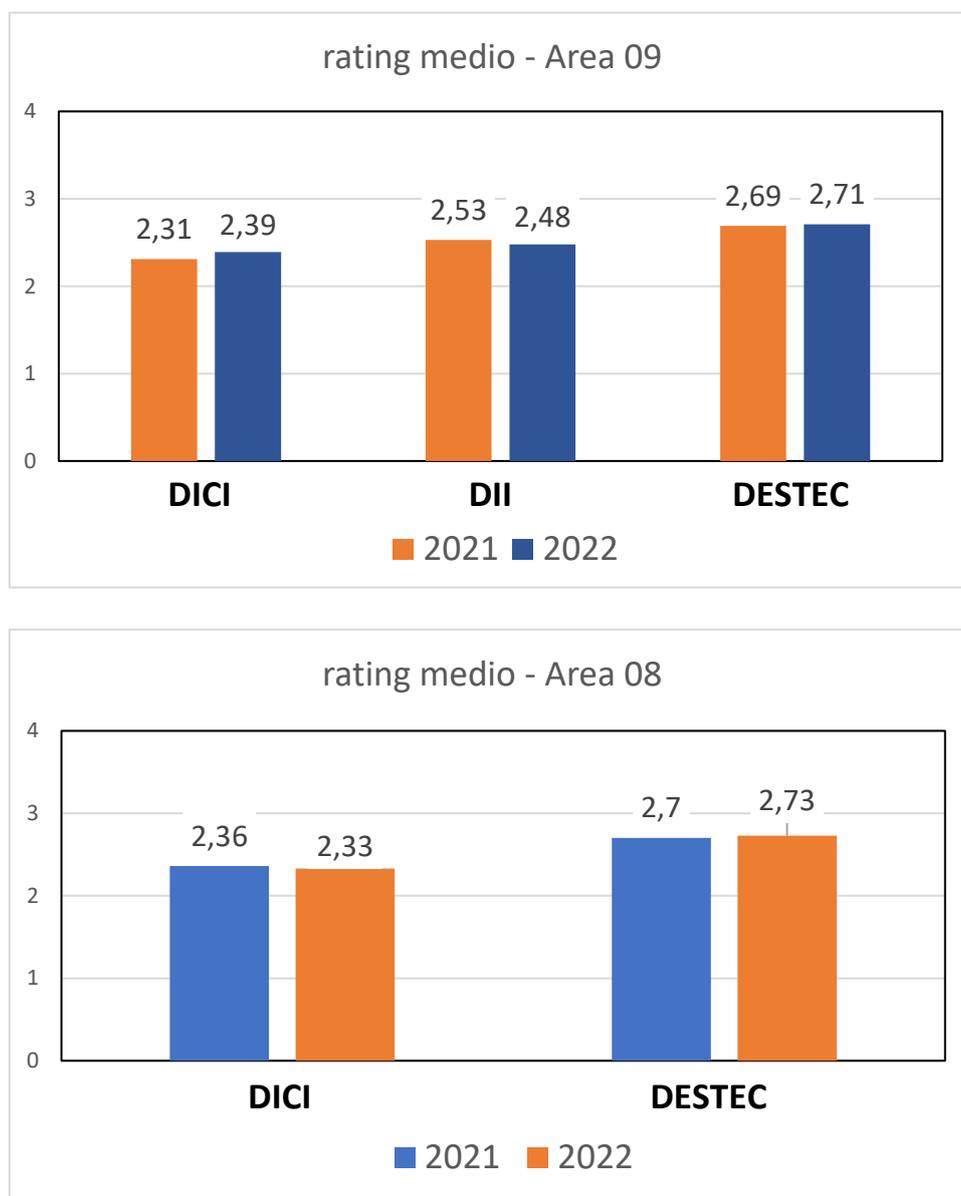


Figura 6: Rating medio 2020 e 2021 dei docenti dell'area 08 e 09 afferenti ai 3 dipartimenti della Scuola di Ingegneria.

Finanziamenti per la ricerca

L'attività condotta dai gruppi di ricerca del DICI è cospicua anche dal punto di vista economico. Il finanziamento proviene da progetti di ricerca competitivi quali regionali, nazionali ed europei e da contratti con aziende private. La **Figura 7** riporta le entrate del DICI negli ultimi 6 anni.

È evidente il fatto che l'impegno dipartimentale all'incentivazione alla partecipazione ai progetti da bandi competitivi ha portato a un notevole aumento della capacità di attrarre fondi istituzionali, in primis comunitari ma non solo, nell'anno 2019 e 2020, nel 2021 si è osservata una riduzione delle entrate, probabilmente dovuta al periodo di pandemia che lo ha preceduto e nel 2022 si osserva una ripresa soprattutto imputabile ai nuovi progetti europei finanziati.

L'attività di tipo commerciale ha contribuito al 38% delle entrate totali del 2022, mostrando un'importante entrata di 2,28 M € in linea con il valore medio/annuo degli ultimi 6 anni (2,3 M €).

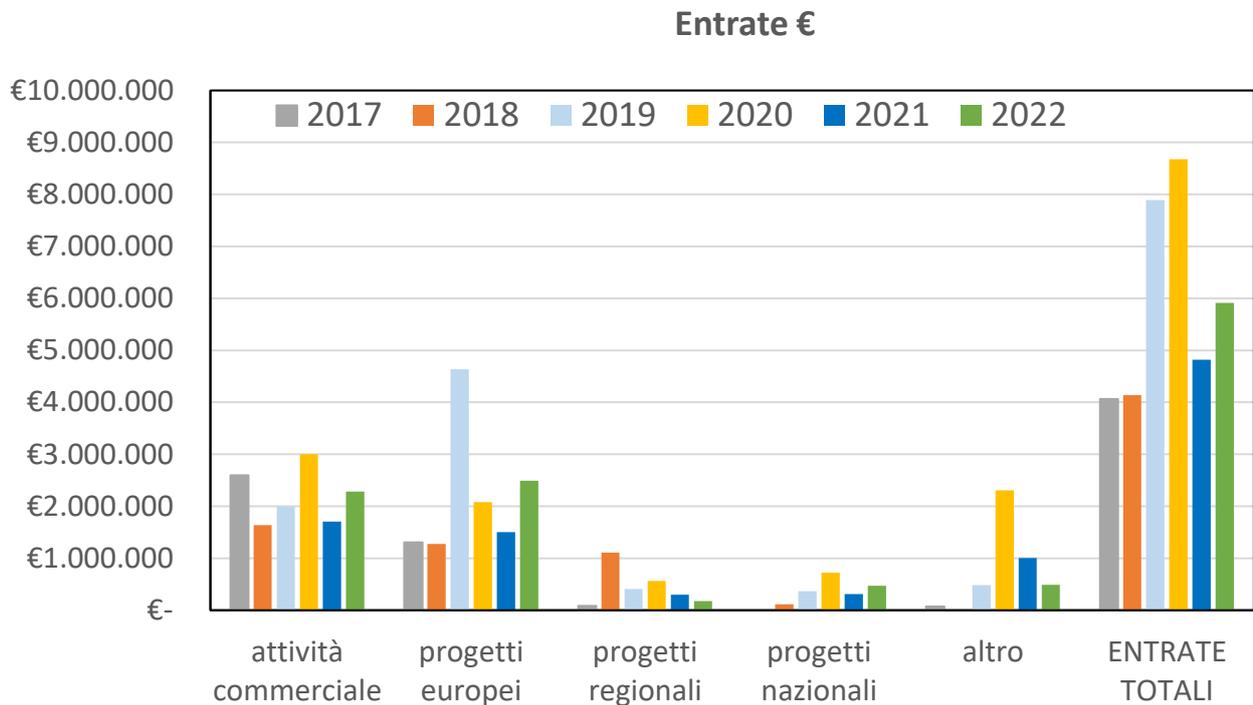


Figura 7: Entrate da varie tipologie di attività di ricerca nel periodo 2017-2022.

La **Figura 8**, invece, mostra le uscite del DICl negli ultimi 6 anni, che danno un'idea delle risorse necessarie a supportare anche le attività di ricerca, oltre all'impegno del personale strutturato. Come si può vedere, nel 2021 si è osservato un aumento degli acquisti di beni/materiali attribuibile in parte anche alla necessità, come da disposizioni di Ateneo, di spendere i fondi residui per attività di ricerca mentre ciò non si è verificato nel 2022, portando così a minori uscite.

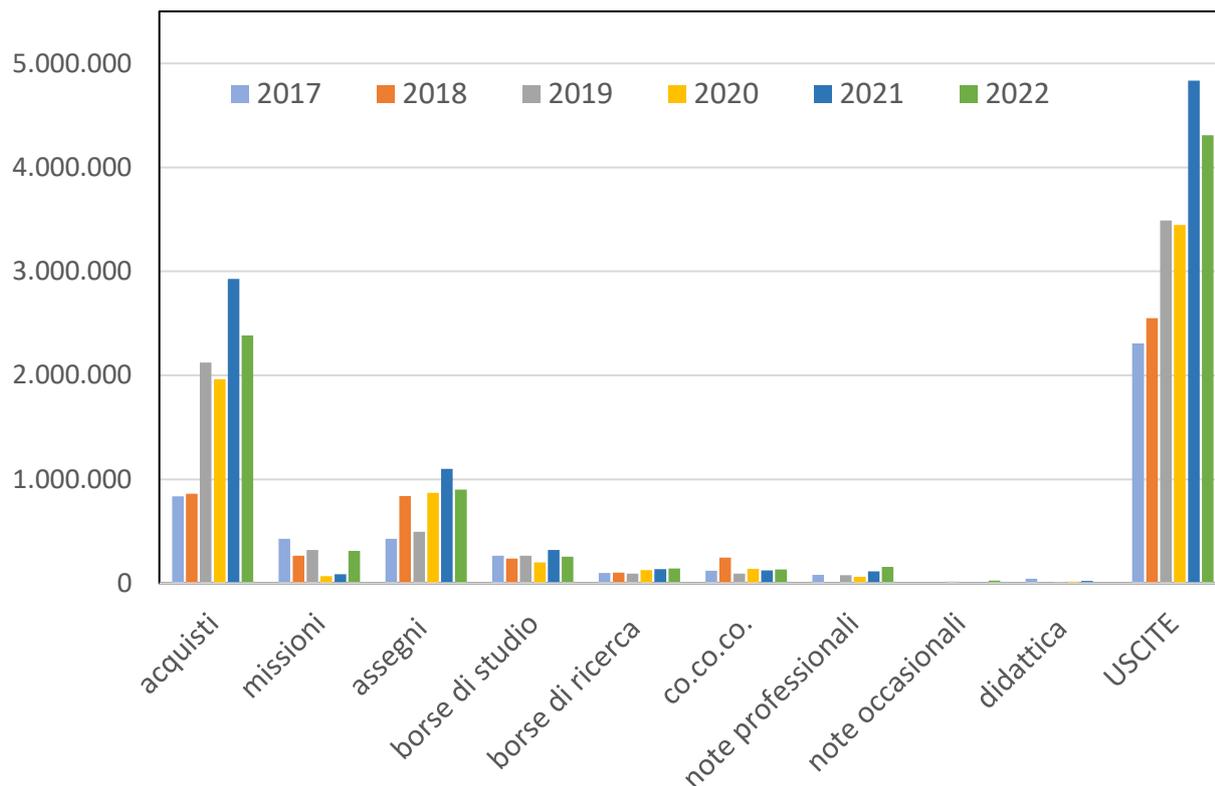


Figura 8: Uscite negli anni 2017-2022

In **Figura 9** si riporta il numero di missioni effettuate per motivi di ricerca e/o trasferimento tecnologico. Come si osserva, nel 2020-2021 le missioni si sono attestate su circa 520 missioni all'anno, mentre nel triennio 2017-2019 su 1200. La riduzione nel biennio 2020-2021 è ovviamente imputata alle restrizioni di movimento da regione a regione e verso paesi stranieri durante il periodo di pandemia. In linea con tale riduzione del numero di missioni si è avuta una conseguente riduzione dei relativi costi (**Figura 8**). Nel 2022, post-pandemia, si è registrata una ripresa delle attività di ricerca e trasferimento tecnologico con un conseguente aumento delle missioni e relativo costo rispetto al biennio precedente.

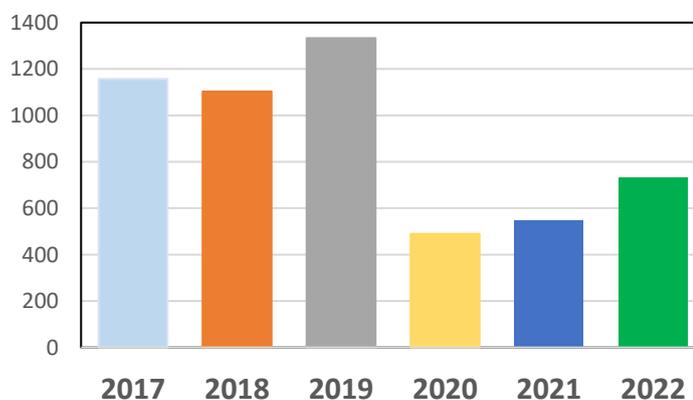


Figura 9: Numero di missioni totali del personale del DICl negli anni 2017-2022.

È, inoltre, interessante considerare il numero degli assegni di ricerca e borse di studio per il supporto alle attività di ricerca (**Figura 10**). Nel 2022 si è avuto un aumento degli assegni di ricerca e una leggera riduzione delle borse.

Di particolare rilievo è l'indicatore del numero di procedimenti per l'assegnazione di contratti a giovani ricercatori rispetto al numero di collaborazioni di tipo professionale, che va nella direzione che il dipartimento si è prefissato nel Piano Strategico (**Figura 11**).

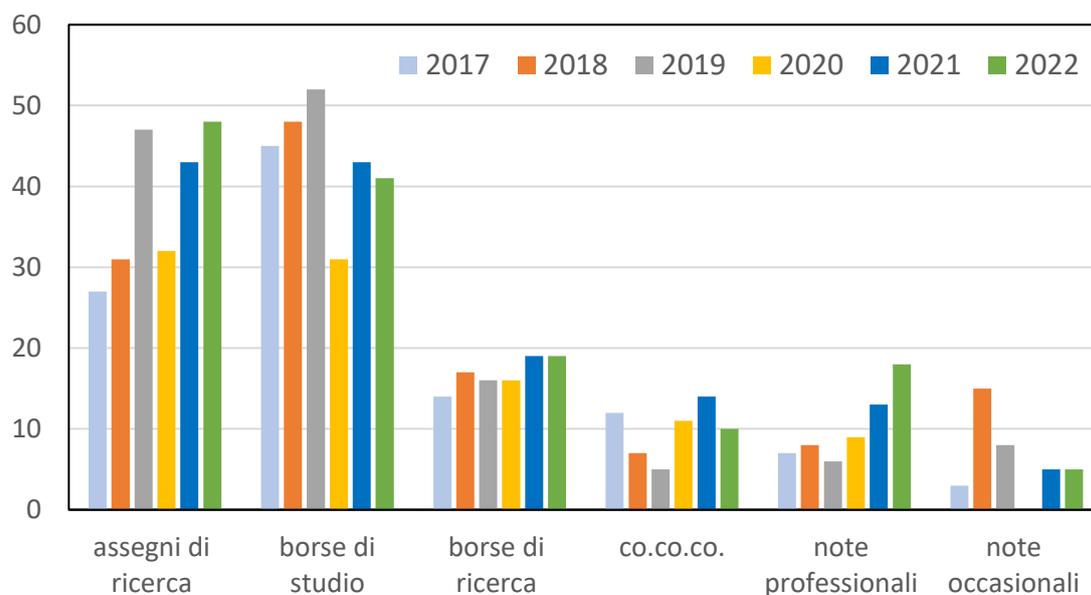


Figura 10: Numero di procedimenti per personale non strutturato negli anni 2017-2022.

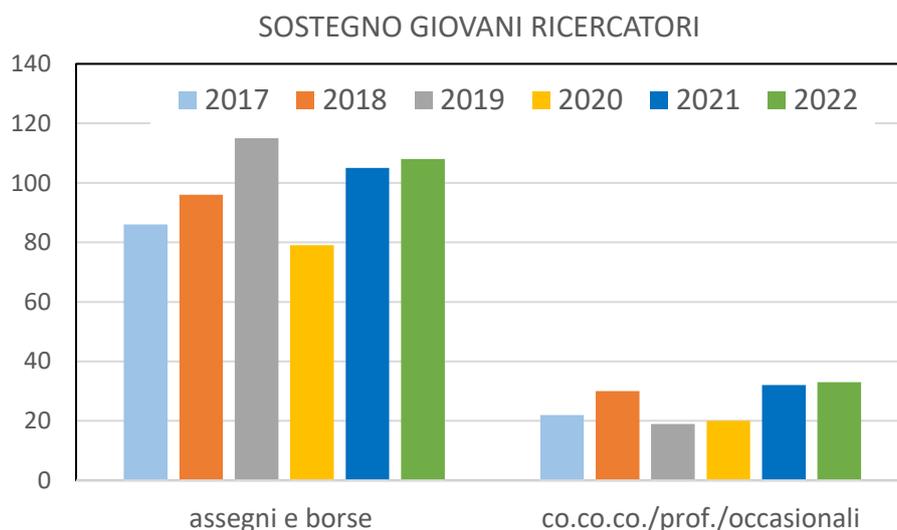


Figura 11: Numero di assegni e borse finanziate vs. contratti co.co.co./professionali negli anni 2017-2022.

Attività conto terzi

Il Dipartimento è da sempre impegnato in attività di Ricerca e Trasferimento tecnologico mediante l'attivazione di convenzioni e di contratti conto terzi. L'intensità dell'attività svolta è testimoniata dai numerosissimi contratti di ricerca che il dipartimento svolge per conto terzi. Gli incassi derivanti dall'attività conto terzi rimangono sempre superiori a 2 M€/anno (**Figura 7**), mostrando nell'ultimo triennio un valore medio di circa 2,3 M€/anno, del tutto in linea con quello del triennio che lo ha preceduto. In Figura 12 e 13 si riporta l'importo dei contratti attivati nei vari anni e la numerosità. I contratti di piccole consulenze e test di laboratorio (**Figura 13**) si sono marcatamente ridotti negli ultimi tre anni.

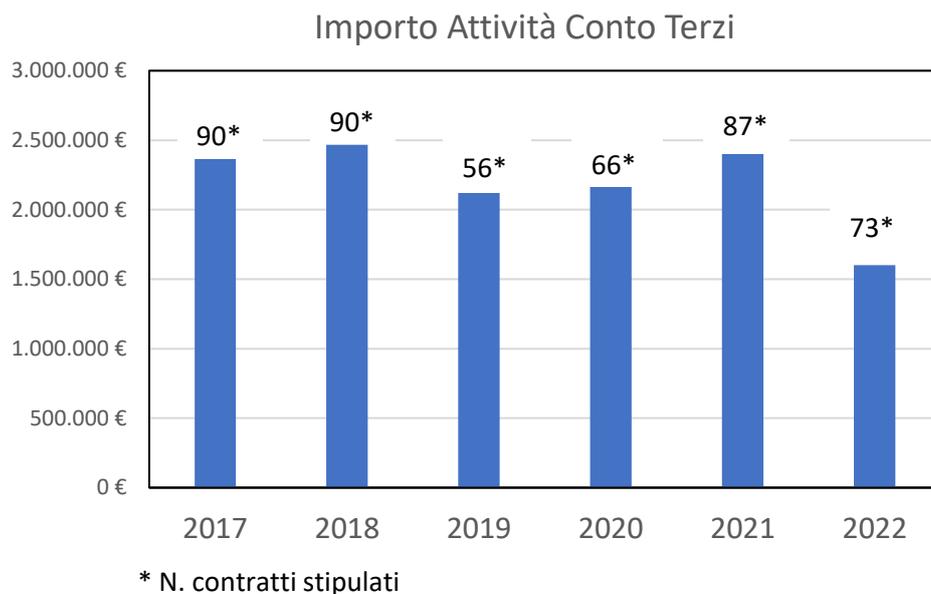


Figura 12: Attività conto terzi negli anni 2017-2022.

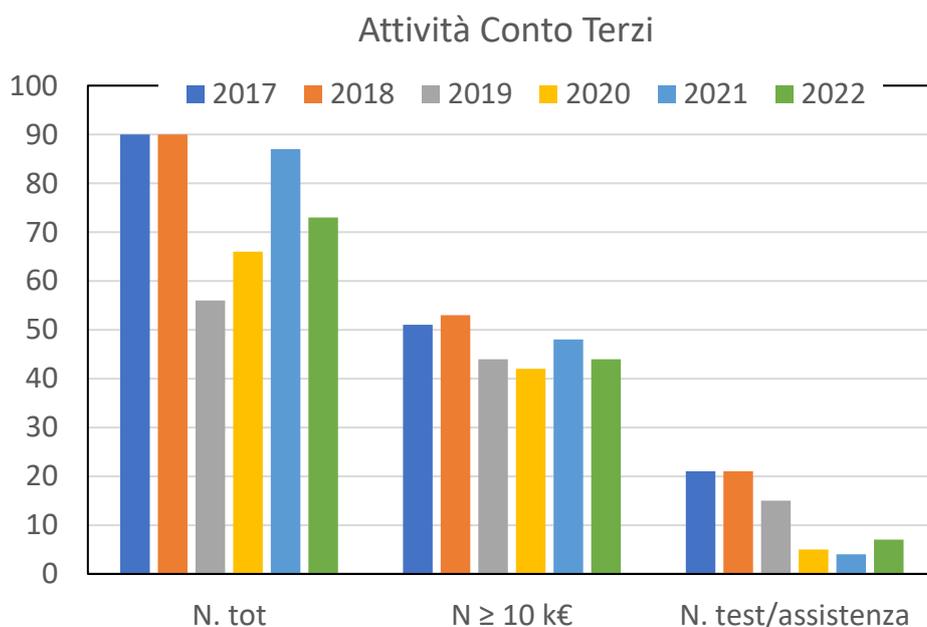


Figura 13: Numerosità dell'attività conto terzi negli anni 2017-2022.

3. Consuntivo della programmazione operativa 2022

Tenuto conto dell'analisi sopra riportata, al fine di perseguire un miglioramento complessivo della qualità della ricerca, il Dipartimento, con il supporto della Commissione Ricerca, si è proposto di mettere in campo una serie di azioni, previste nella programmazione operativa 2022 (Relazione biennale 2020-2021) e di monitorarne i risultati.

Nello specifico, nel 2022 sono state svolte **Azioni per la promozione e internazionalizzazione della ricerca** che hanno riguardato:

- l'organizzazione della **1st Conference on Green Chemistry & Sustainable Coatings** che si è svolta presso il Centro Congressi Le Benedettine, Pisa dal 17 al 18 giugno 2022 (Conference Chair: Patrizia Cinelli) che ha visto la partecipazione di 32 speaker provenienti da varie università e centri di ricerca europei.

- l'organizzazione della **2nd Summer School Integration Week Bio & Pharmaceutical Materials Science (BIOPHAM)** che si è svolta dal 12 al 18 settembre 2022 a Pisa (Polo Piagge) con il coinvolgimento del Dipartimento di Ingegneria Civile e Industriale (referente Prof.ssa Serena Danti) insieme ai Dipartimenti di Fisica, Chimica e Chimica Industriale, Ingegneria dell'Informazione e Scuola Normale Superiore. Hanno partecipato 28 studenti provenienti da tutto il mondo, speaker di 12 aziende italiane e internazionali, e di varie università internazionali, incluso USA, Brasile, Cameroon, Giappone.

- l'organizzazione della **Conferenza Europea User Experience Design for Virtual Rehabilitation** presso il Centro Congressi Le Benedettine, Pisa dal 13 al 14 ottobre 2022. L'evento, organizzato dal DICl nell'ambito del progetto PRIME-VR2, ha ospitato la comunità di ricercatori impegnati nell'esplorazione di metodologie e soluzioni innovative per la progettazione di dispositivi interattivi per la riabilitazione tramite le tecniche di additive manufacturing e realtà virtuale.

Inoltre, nel 2022 sono stati ospitati presso il DICl, per attività di ricerca e collaborazioni nell'ambito di progetti condivisi, 5 "visiting professor", 10 "visiting fellow" e 7 "visiting student".

Nell'ambito delle **Azioni di potenziamento della ricerca e integrazione tra le diverse discipline**, il DICl ha promosso 8 progetti, finanziati nel bando per il finanziamento di Progetti di Ricerca di Ateneo (PRA), fortemente interdisciplinari che vedono la partecipazione di docenti di vari SSD del DICl e docenti afferenti ad altri dipartimenti dell'Ateneo per un finanziamento totale di circa 211.000 euro.

Nell'ambito delle **Azioni di potenziamento della fruibilità dei laboratori** sono stati riqualificati i seguenti laboratori di ricerca dotandoli anche di nuove apparecchiature:

- **Laboratorio di analisi metallografiche, microscopia ottica e durezza** presso la sezione di Ingegneria Meccanica;
- **Laboratorio di Strutture** presso la sezione di Ingegneria Civile;
- **Laboratorio di processamento polimeri** presso la sezione di Ingegneria Chimica.

ed è stato acquisito un SEM da banco nel **Laboratorio di caratterizzazione avanzata di materiali per applicazioni biomediche e nanotecnologiche** presso la sezione di Ingegneria Chimica.