



Consiglio Nazionale delle Ricerche

**istec**

**Istituto di Scienza e Tecnologia  
dei Materiali Ceramici**

Le persone, le attività, i laboratori,  
l'ambito relazionale  
2015

[istec@istec.cnr.it](mailto:istec@istec.cnr.it)  
[www.istec.cnr.it](http://www.istec.cnr.it)

Direttore: **Alida Bellosi**

**ISTEC** afferisce al Dipartimento Scienza e  
Tecnologia dei Materiali del CNR

**ISTEC** fa parte della Rete Alta Tecnologia della  
Regione Emilia Romagna

*Dedicato a Tonito Emiliani e Gian Nicola Babini,  
i Direttori che più hanno segnato la storia e  
l'evoluzione dell'Istituto.*

# **50 anni del CNR a Faenza**

## **1965-2015**

Parlare oggi dell'Istituto di Scienza e Tecnologia dei Materiali Ceramici del CNR significa necessariamente ricollegarsi al rapporto con la città di Faenza ed alla Ceramica e richiamare alla memoria le vicende precedenti delle Istituzioni Faentine.

Quanto si illustra di seguito è una sintesi del percorso storico frutto di esperienze che non devono essere dimenticate, primo e sopra tutti Tonito Emiliani, indimenticabile guida nello studio e nel lavoro ceramico, fondatore nel 1965 del primo Gruppo di Ricerca del CNR a Faenza, all'interno dell'Istituto Statale d'Arte per la Ceramica.

Profonda riconoscenza va a quanti successivamente hanno perseguito con tenacia e lungimiranza obiettivi di sviluppo, potenziamento, adeguamento alle esigenze dei tempi di una struttura che ha assunto la dimensioni di un prestigioso istituto di eccellenza, di assoluto livello internazionale, per la ricerca sui materiali e tecnologie ceramiche.

Nelle pagine che seguono, il percorso storico della creazione ed evoluzione dell'attuale ISTE-CNR viene completato con una sintetica rappresentazione dell'Istituto oggi.

# Istec-CNR

## Oggi

### le persone, le attività, i laboratori

Attualmente, **ISTEC** afferisce al **Dipartimento di Scienze Chimiche e Tecnologie dei Materiali** e si configura come l'unica struttura di ricerca del CNR, e la più grande struttura italiana operante nel paese con programmazione poliennale, specificamente indirizzata allo studio globale dei materiali ceramici. Le attività dell'Istituto, coerentemente alla missione del CNR, riguardano attività di ricerca, iniziative di sostegno alla formazione, alla valorizzazione e disseminazione dei risultati.

Le attività di ricerca sono indirizzate all'innovazione di materiali e processi in risposta alle emergenti esigenze del comparto industriale, scientifico e culturale, per i vari settori applicativi. Gli argomenti spaziano dallo studio di base e caratterizzazione di materie prime e di materiali, allo sviluppo e innovazione di processi di produzione. Scopo degli studi è il controllo di proprietà e prestazioni di dispositivi ceramici tramite il controllo del processo e l'ingegnerizzazione dei materiali per specifiche applicazioni. Attraverso lo sviluppo di nuovi processi, nanotecnologie incluse, vengono ingegnerizzati e sviluppati nuovi materiali e proposte soluzioni per modificare anche prodotti tradizionali e dotarli di nuove funzioni e prestazioni.

In questa rassegna, i temi, molto differenti tra loro, sono divisi per facilità di lettura in grandi settori:

*Materiali e dispositivi per le costruzioni e per applicazioni industriali ad alta tecnologia*

*Funzionalizzazione delle superfici attraverso nanotecnologie ceramiche*

*Biomateriali per la nanomedicina e la rigenerazione dei tessuti*

*Ceramici e dispositivi per energie alternative e ambiente*

*Conservazione e restauro del patrimonio culturale*

## PERSONALE

### Direttore

Bellosi Alida

### Ricercatori

Biasini Valentina  
Blosi Magda  
Costa Anna Luisa  
De Portu Goffredo  
Dondi Michele  
Esposito Laura  
Galassi Carmen  
Gardini Davide  
Gualtieri Sabrina  
Landi Elena  
Macchiarola Michele  
Medri Valentina  
Miccio Francesco  
Monteverde Frédéric  
Raimondo Mariarosa  
Ruffini Andrea  
Sandri Monica  
Sanson Alessandra  
Sciti Diletta  
Silvestroni Laura  
Sprio Simone  
Tampieri Anna  
Zanelli Chiara

### Tecnici

Capiani Claudio  
Dalle Fabbriche Daniele  
Guarini Guia  
Melandri Cesare  
Mercadelli Elisa  
Piancastelli Andreana  
Pinasco Paola

### Amministrativi

Capozzo Liborio  
Carpanelli Nicola  
Ciani Barbara  
Manzari Anika  
Montaleone Francesco  
Valli Anna Rita

### Amministrativi a contratto

Demarinis Milena  
Mengozzi Laura

### Ospiti

Cardarelli Aurora  
Natali Murri Annalisa  
Vodopivec Ivor  
Romano Silvia

### Ricercatori a contratto

Adamiano Alessio°  
Ballardini Alberto\*  
Bendonì Riccardo\*  
Boveri Giulio  
Ciuchi Ioana\*  
Dapporto Massimiliano\*  
Delpivo Camilla\*  
Failla Simone  
Fernandes Patricio Tatiana Marisa\*  
Galizia Pietro°  
Gondolini Angela°  
Hostasa Jan\*  
Iafisco Michele°  
Mazzocchi Mauro  
Minardi Silvia\*  
Montaleone Daniel\*  
Montesi Monica°  
Ortelli Simona\*  
Panseri Silvia°  
Papa Elettra\*  
Ramírez Rodríguez Gloria Belén\*  
Sangiorgi Alex  
Sangiorgi Nicola\*  
Savini Elisa\*  
Soragni Elena\*  
Veronesi Federico\*  
Luca Viale\*  
Zoli Luca°

\* Dottorandi  
° Post-Docs

### Associati all'ISTEC

ISTEC conta su circa **20 Associati**: docenti di Università Italiane e Straniere, con cui si condividono la formazione attraverso tesi di laurea e la collaborazione nelle attività di specifici progetti di ricerca.

### Studenti in tesi di laurea

ISTEC persegue con continuità attività formative anche attraverso l'ospitalità per studenti in tesi di laurea di una decina di diverse università. Dal 2012 ad ora gli **studenti laureati con tesi sperimentali effettuate presso ISTEC sono 37**.

### Visitatori e ospiti temporanei

Presso ISTEC sono mediamente presenti una decina di ospiti temporanei, prevalentemente stranieri, provenienti da istituzioni con cui ISTEC intrattiene rapporti di collaborazione. Il numero di visitatori che si sono trattenuti per più di 3 mesi presso questo Istituto sono circa 20 dal 2013 ad ora.

## Unità di ricerca all'ISTEC

ISTEC afferisce al Dipartimento "Scienze Chimiche e Tecnologie dei Materiali" del CNR, diretto dal Dott. Luigi Ambrosio nel cui ambito opera con le seguenti commesse:

### Produzione, lavorazione e caratterizzazione di ceramici e compositi strutturali (D. Sciti)

- Ceramici e compositi ultrarefrattari (UHTC) per applicazioni spaziali e strutturali (F. Monteverde)
- Produzione e caratterizzazione di materiali ceramici compositi funzionali elettroconduttivi (D. Sciti)
- Ceramici trasparenti per applicazioni ottiche-elettromagnetiche (L. Esposito)
- Produzione e caratterizzazione di geopolimeri e ceramici biostrutturali (V. Medri)

### Nuove tecnologie per l'ambiente, l'edilizia, l'industria e i beni culturali (M. Dondi)

- Nanotecnologie e processi colloidali (A. L. Costa)
- Processi e materiali per applicazioni elettromeccaniche (C. Galassi)
- Tecnologie innovative per l'edilizia (M. Raimondo)
- Archeometria, diagnostica e tecnologia per la conservazione dei beni culturali (M. Macchiarola)

### Tecnologie e materiali ceramici per applicazioni energetiche (A. Sanson)

- Tecnologie e materiali ceramici per applicazioni energetiche (E. Mercadelli)
- Sviluppo e caratterizzazione meccanica e tribologia di ceramici per applicazioni nell'energia e trasporti (G. de Portu)

### Bioceramici e compositi bio-ibridi intelligenti per la rigenerazione e l'ingegnerizzazione dei tessuti muscolo scheletrici- (A. Tampieri)

- Processi di bio-mineralizzazione e sviluppo di compositi bio-ibridi nanostrutturati e funzionalizzati per una rapida risposta alle specifiche richieste in sito rigenerativo riparativo (M. Sandri)
- Processi biomorfici e sviluppo di ceramici biomimetici con alte performance bio-meccaniche per la realizzazione di sostituti biointegrabili (S. Sprio)

## I Laboratori dell'ISTEC

Microscopia Elettronica *Mauro Mazzocchi*

Diffrazione dei raggi X *Chiara Zanelli*

Chimica *Paola Pinasco*

Caratterizzazione Meccanica *Cesare Melandri*

Caratterizzazione Elettrica *Carmen Galassi*

Analisi Termica *Elisa Mercadelli*

Reologia, Tessitura *Andreana Piancastelli*

Materie Prime-Formatura *Claudio Capiani*

Tecnologie di Formatura *Paola Pinasco*

Sintesi dei Biomateriali *Monica Sandri*

Nano-Biomagnetismo *Monica Sandri*

Beni Culturali *Sabrina Gualtieri*

Nanotecnologie *Anna Luisa Costa*

Tecnologie di Sinterizzazione *Daniele Dalle Fabbriche*

Tecnologie Tradizionali *Guia Guarini*

Taglio e lappatura *Laura Silvestroni*

Processi Consolidamento a bassa temperatura *Valentina Medri*

## Competenze e strumentazioni di laboratorio

### Tecniche analitiche

#### Microstruttura e tessitura

Microscopia ottica  
Microscopia elettronica a scansione (SEM, ESEM)  
Superficie specifica, Porosimetria  
Analisi granulometrica  
Diffrazione dei Rx (XRD)  
TEM in laboratori esterni  
Analisi delle Superfici

#### Rugosimetria

#### Caratteristiche Chimico-Fisiche

Tensione superficiale ed angoli di contatto  
Spettroscopia ICP-AES  
Spettroscopia EDX  
Cromatografia ionica (HPLC)  
Spettrofotometria FT-IR  
Spettroscopia elettro-acustica (Potenziale Z)  
Dynamic light scattering (DLS)

#### Caratterizzazione reologica

Viscosità , Limite di scorrimento  
Tempo-dipendenza (tissotropia)  
Viscoelasticità

#### Proprietà meccaniche

Resistenza a flessione fino a 1500°C  
Durezza, Nanodurezza  
Moduli di Young  
Tenacità a frattura fino a 1500°C

#### Tribologia e usura

Usura e adesione, Attrito, Erosione

#### Misure elettriche

Rigidità dielettrica  
Risonanza piezoelettrica  
Caratterizzazione dielettrica Isteresi ferroelettrica  
T. di Curie e costanti piezoelettriche  
Misure di spostamento  
Misure di sensibilità acustica  
FORC (First order reversal curves)

#### Analisi termiche

#### Bio-compatibilità e citotossicità

#### Caratterizzazione Tecnologica

#### Taglio e finitura superficiale

#### Ossidazione e corrosione

#### Permeabilità e Suscettività magnetica

### Processi

#### TRATTAMENTO POLVERI, REAZIONI E SINTESI

Atomizzazione via spray di nano-sols e soluzioni di precursori ceramici  
Trattamenti delle materie prime "polveri"  
Reazioni in microreattore  
Sintesi in soluzione di polveri ceramiche  
Trattamento colloidale delle polveri

#### FORMATURE SEMPLICI E COMPLESSE

Pressatura lineare ed isostatica a freddo  
Estrusione  
Colaggio in stampi di gesso  
Colaggio su nastro  
Foaming  
Freeze Casting  
Gel-casting

#### RIVESTIMENTI

Deposizione elettroforetica di film ceramici  
Deposizione via sol-gel di nano-rivestimenti  
Rivestimenti per dip-coating  
Rivestimento a spruzzo  
Serigrafia

#### GIUNZIONI

Giunzione stato solido  
Giunzione diretta  
Brasatura  
Giunzione mediante vetri

#### TRATTAMENTI TERMICI E SINTERIZZAZIONE

In aria, in vuoto fino a 1700°C,  
in atmosfera controllata fino a 2200°C,  
sotto pressione

tematiche di  
ricerca

## Materiali e dispositivi per applicazioni HIGH TECH

### **Ceramici ultra-refrattari per applicazioni spaziali, industriali e nell'energia**

ISTEC porta avanti da almeno 15 anni attività di ricerca e sviluppo sugli UHTC (ceramici e compositi ultrarefrattari: boruri e carburi di zirconio, afnio, tantalio) nell'ambito di progetti per il settore aerospazio, finanziati da ESA, ASI, CIRA, Thales-Alenia, Compagnia Generale dello Spazio e Ministero della Difesa) e in collaborazione con U.S Air Force, U.S NSF, Shanghai Institute of Ceramics (Cina), PROMES-CNRS (Fr), INO-CNR, Univ. Napoli, etc.

Le attività scientifiche sono focalizzate su processi innovativi per fabbricazione di materiali densi o porosi, compositi rinforzati con fibre, whiskers, piattine o carbonanotubi per applicazioni nelle protezioni termiche, nella propulsione e come assorbitori solari ad alta temperatura.

### **Ceramici compositi e monolitici strutturali**

Con lo sviluppo di compositi ceramici si ha la possibilità di progettare e produrre materiali che soddisfino diverse tipologie di requisiti: specifiche funzioni elettriche, elevata lavorabilità, miglioramento delle proprietà meccaniche (resistenza e tenacità a frattura), della resistenza a corrosione e ossidazione.

L'aggiunta di una fase elettro-conduttiva (ceramica, intermetallica o metallica), in quantità di almeno il 30% in volume, conferisce un'elevata conduttività elettrica a ceramici dielettrici (ad. esempio allumina, nitruro di silicio o di alluminio, carburo di silicio) per applicazioni meccaniche, elettriche, termiche, antiusura. Tra i compositi studiati all'ISTEC vi sono:  $\text{Si}_3\text{N}_4\text{-TiN}$ ,  $\text{Si}_3\text{N}_4\text{-MoSi}_2$ ,  $\text{SiC-AIN-MoSi}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-TiC}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-TiB}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-TiN}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-Mo}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-NiAl}$ .

L'aggiunta di una fase secondaria "lubrificante" come il BN(esagonale) consente anche un'elevata lavorabilità meccanica.

### **Ceramici trasparenti: Spinello $\text{MgAl}_2\text{O}_4$ , Granato di ittrio e alluminio (YAG)**

Lo spinello cubico isotropo  $\text{MgAl}_2\text{O}_4$  trasparente di importanza strategica nel settore aerospaziale per numerose applicazioni in condizioni estreme come ad es. per le finestre trasparenti soggette a condizioni di esercizio in ambienti corrosivi o di forti sollecitazioni termiche e meccaniche.

Lo YAG YAG ( $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$ ) policristallino drogato con elementi delle terre rare (REE) è un materiale funzionale strategico come sorgente laser per laser allo stato solido di alta potenza pompati a diodi. Le attività presso ISTEC affrontano i problemi del processo e materie prime in relazione ai requisiti prestazionali del prodotto finale.

### **Strutture Ceramiche a Porosità Funzionale**

ISTEC realizza architetture ceramiche o ibride a porosità funzionale (multidimensionale dal nano- al millimetrico, globulare o unidirezionale, isotropa – anisotropa, a gradiente, ecc.) sulla base dei requisiti imposti dagli specifici settori applicativi (assorbitori, filtri, sostituti ossei, dispensatori di agenti specifici, catalisi, alleggerimento strutturale, coibentazione, riciclo, ecc.). Si utilizzano tecnologie prevalentemente near net shape, generalmente basate sull'uso di sospensioni ceramiche o ibride e di agenti schiumogeni (foaming diretto) o/e di templanti sacrificali (replica di spugne polimeriche, freeze casting, granuli polimerici, polveri metalliche,...). L'uso di acqua come mezzo liquido e la possibilità di sfruttare alcune tecnologie per il riciclo-smaltimento di rifiuti risulta di interesse per la salvaguardia dell'ambiente.

Tematiche di  
ricerca

# Materiali e tecnologie per le costruzioni

## Pigmenti ceramici e Decorazione digitale

Nella decorazione per piastrelle ceramiche passando dalle tecniche convenzionali al digitale si stanno sviluppando nuove opportunità; l'esigenza di innovazione proviene dalle maggiori aspettative per le prestazioni dei colori, dai controlli sulle proprietà dei materiali e dai meccanismi di sintesi; si propende verso la trasformazione di pigmenti ceramici e coloranti per la stampa digitale in prodotti ingegnerizzati. I pigmenti ceramici sono cristalli colorati dispersi in una matrice vetrosa, allo scopo di impartire il colore attraverso una miscela eterogenea. Pigmenti ceramici sono usati per colorare piastrelle, stoviglie, sanitari, smalti e vetri. Presso ISTECC vengono sviluppati nuovi pigmenti, in collaborazione con università e imprese italiane e straniere, al fine di migliorare le proprietà ottiche, la stabilità nel processo ceramico, la produzione e il costo industriale, la salute e la sicurezza.

## Materie prime ceramiche e riciclo di scarti

I prodotti ceramici per l'edilizia e per gli usi domestici ed industriali sono ottenuti facendo largo impiego di materie prime naturali. Laterizi, piastrelle, sanitari, stoviglie, aggregati leggeri e refrattari silico-alluminosi sono tutti fabbricati utilizzando principalmente materiali argillosi, fondenti feldspatici e/o sabbie quarzose, a cui si aggiungono materie prime complementari (es. talco, carbonati, wollastonite, zirconio, borati, minerali di litio). L'impegno dell'ISTECC è rivolto a ricercare, caratterizzare e sviluppare nuovi giacimenti e impieghi di materie prime per ceramica, ma anche modellizzare le loro proprietà e il loro comportamento tecnologico. Particolare attenzione è dedicata, inoltre, al riciclo di scarti e sottoprodotti industriali nel ciclo di produzione dei prodotti ceramici per l'edilizia. ISTECC ha un'esperienza pluridecennale che include: analisi di laboratorio, assistenza di prove industriali, consulenza per problematiche di prodotto e di processo, banca dati sull'uso dei residui civili ed industriali in ceramica.

## Ceramici per l'edilizia e costruzioni: processo tecnologico e proprietà

Negli ultimi anni, l'interesse sui ceramici per l'edilizia punta alla progettazione e sviluppo di componenti alleggeriti, di spessore ridotto e dalle caratteristiche estetiche desiderate. Da molti anni presso ISTECC è cresciuta cultura ed esperienza nel sostegno dello sviluppo scientifico e tecnologico dell'industria ceramica per l'edilizia e la costruzione. Vengono proposte soluzioni innovative relative sia ai materiali (piastrelle ceramiche, lastre ceramiche, laterizi, aggregati leggeri, refrattari, sanitari, stoviglie, ecc) che ai processi tecnologici, attraverso lo studio del processo produttivo al fine di definire l'influenza delle principali proprietà meccaniche e funzionali dei prodotti dai parametri di processo e la relazione tra le caratteristiche delle materie prime ceramiche e le proprietà dei prodotti semilavorati e finiti.

## Geopolimeri per edilizia ed infrastrutture, trasporti, riciclo e biomateriali

I ceramici a consolidamento chimico, noti anche come geopolimeri, sono all'attenzione delle attività presso ISTECC per la produzione di materiali di basso costo. In particolare studi di base della reattività delle materie prime e la funzionalizzazione di composizioni con fasi secondarie come fibre e particelle ceramiche. Scarti e sottoprodotti industriali di varia natura possono essere riciclati come materie prime o cariche inerti per questo tipo di applicazione. ISTECC ha esperienza di materiali a base geopolimerica per applicazioni nelle costruzioni, strutturali e termo meccaniche quali: pannelli isolanti termici, acustici e taglia-fuoco; schiume a porosità funzionale per filtri, catalisi, biomateriali, ecc.



# TECNICHE DI RICERCA

## NANOTECNOLOGIE FUNZIONALIZZAZIONI DI SUPERFICI

### Sistemi ceramici con superfici funzionalizzate

Mediante funzionalizzazione di superfici ceramiche presso ISTEK ci si propone di realizzare: -Superfici autopulenti, superidrofili (angolo di contatto con acqua  $<5^\circ$ ) o superidrofobici (angolo di contatto  $>150^\circ$ ), -Superfici oleofobiche, in grado di repellere fluidi a bassa tensione superficiale (fino ad un limite di 25 mN/m); -Superfici fotocatalitiche, attive nella decomposizione di macchie organiche, VOC e Nox, - Superfici con proprietà estetiche implementate (via deposizione di inchiostri nanometrici, sospensioni di ossidi e leghe con struttura core shell, etc).

Le funzionalità di superficie vengono conferite grazie allo studio di materiali e processi, valutando e ottimizzando tutti i parametri coinvolti. Presso ISTEK si è in grado di simulare tali processi con verifica delle prestazioni, grazie al potenziamento di tecnologie (dipping, spruzzatura automatizzata, ink jet printing) per rivestimenti con struttura e chimica controllata.

### Superfici superidrofobiche, anti-ghiaccio, antifouling e a basso attrito

La funzionalizzazione delle superfici suscita un notevole interesse in ambiti industriali diversi: da quello ceramico, a quello dei metalli e materiali compositi per applicazioni navali e aerospaziali, alle fibre tessili, etc. Obiettivi dell'ISTEK: modificare la reattività superficiale dei materiali attraverso progettazione e deposizione di rivestimenti destinati a modularne la bagnabilità, e ad incrementare la loro repellenza nei confronti dell'acqua. La realizzazione di materiali superidrofobici, che presentano angoli di contatto con l'acqua  $>150^\circ$  grazie al controllo della loro nanostruttura e della chimica superficiale, consente in molti casi di aggiungere nuove funzionalità (anti-ghiaccio, anti-fouling o contribuire alla riduzione degli attriti) che amplificano notevolmente il potenziale applicativo di materiali quali metalli, leghe, acciai, etc.

### Tessili ceramizzati: settori tradizionali per nuove tecnologie

L'elevata affinità della nanostruttura metallo-ossido verso i gruppi polari sulla superficie del tessuto, garantisce una buona aderenza delle nanoparticelle ceramiche, la cui nanostruttura non altera la natura del substrato tessile (colore, mano, traspirabilità, proprietà meccaniche). Rivestimenti protettivi con azione ritardante di fiamma, anti-usura, proprietà idrofile/ idrofobiche possono essere sfruttati per la produzione di Tessuto Tecnico altamente resistente. La distribuzione gerarchica della porosità del materiale tessile accoppiata con la nanostruttura e la funzione intrinseca della fase ceramica, consente di progettare nuovi dispositivi catalitici, facilmente separabili, recuperabili, durevoli, nell'ambito della «clean technology» (trattamenti ambientali, filtrazione, biotecnologia, sensori).

### Sospensioni colloidali, come gestire il rischio dei nanomateriali

ISTEK si occupa della sintesi, caratterizzazione e applicazione di sistemi colloidali nanodispersi, su tre argomenti fondamentali: i) sintesi e funzionalizzazione di nanosols e/o nanopolveri; ii) formulazione di nanosols iii) processi di funzionalizzazione di superfici tramite la deposizione di nanosols. Studia la stabilità colloidale e la reologia delle sospensioni solide submicroniche, per comprendere i meccanismi che stanno alla base dei comportamenti e di progettare formulazioni per nuovi materiali, migliorare i processi produttivi, incrementare la qualità dei prodotti, risolvere problemi impiantistici.

L'esperienza maturata nel campo della scienza colloidale è stata trasferita al controllo del confinamento delle nano fasi e alla gestione della loro chimica superficiale, aprendo nuove sfide verso la mitigazione dell'impatto nocivo che i nanomateriali possono arrecare alla salute.

Tematiche di  
ricerca

## Ceramics e dispositivi per Energia e Ambiente

### **Celle solari a sensibilizzante organico (DSSC)**

Le DSSCs (Dye Sensitized Solar Cells) sono costituite da multistrati di materiali che permettono l'assorbimento dei fotoni e la loro trasformazione in energia elettrica. Cuore del sistema è uno strato di semiconduttore inorganico (generalmente  $\text{TiO}_2$ ) che presenta la duplice funzione di ricevitore degli elettroni ad alta energia generati dal colorante organico in seguito all'assorbimento di fotoni e di supporto allo stesso. In entrambi i casi la struttura porosa è essenziale.

Presso ISTEK vengono studiati prototipi di celle DSSC rigide e flessibili, con attenzione a nuovi materiali e tecnologie per la realizzazione degli strati ceramici semiconduttori. Vengono inoltre sfruttate le competenze sullo sviluppo di vetroceramici a basso punto di fusione per sviluppare sistemi sigillanti.

### **Elettrolizzatori ad Ossido solido (SOEC)**

Le celle elettrolitiche ad ossidi solidi (SOEC) vengono prodotte in ISTEK partendo da polveri ottenute mediante sintesi convenzionale allo stato solido o sintesi chimica (precipitazione, sol-gel, etc.). Queste celle vengono realizzate depositando per serigrafia i vari strati su di un elemento scelto come supportante e prodotto per collaggio su nastro. Con questa tecnica sono stati prodotti substrati di tutti gli elementi utilizzati per applicazioni SOEC: sono stati realizzati di comparti supportanti di dimensioni fino a  $15 \times 15$  cm con microstruttura adeguata al ruolo svolto nella cella.

### **Celle a combustibile a ossido solido (SOFC)**

Sfruttando processi quali collaggio su nastro, pressatura, serigrafia, spruzzatura, vengono realizzate celle SOFC, dalla sintesi delle polveri alla loro formatura e sinterizzazione, nonché della loro caratterizzazione chimico-fisica e microstrutturale. I materiali elettrolitici utilizzati spaziano dalla convenzionale zirconia stabilizzata con ittria (YSZ) alla più innovativa ceria drogata con gadolinia (GDC) e più recentemente ai conduttori protonici a base di cerati-zirconati di bario (BCY, BCZY).

### **Nanolubrificanti per applicazioni energetiche e tribologiche**

Presso ISTEK è stato messo a punto un innovativo metodo di sintesi a singolo step per la produzione di prodotti apolari performanti e stabili nel tempo. Questi sistemi additivati con nanoparticelle a base sia metallica che ossidica, migliorano varie proprietà dei fluidi tradizionali, tra cui il coefficiente di attrito, la resistenza all'usura, la resistenza a pressioni elevate, superando in gran parte il problema della sedimentazione tipico delle sospensioni realizzate con particelle di dimensioni milli- o micro-metriche.

### **Sistemi Ceramici di Accumulo Elettrico (Batterie ZEBRA)**

Le competenze di ISTEK riguardano il processo produttivo, dalla sintesi delle polveri alla loro formatura al finale consolidamento termico, di membrane di  $\beta''$ -allumina sia in geometria tubolare che planare con adeguate caratteristiche morfologico-strutturali.

### **Membrane per la separazione di gas ad alta temperatura**

Vengono studiati processi e materie prime per produrre membrane di separazione: dispositivi elettrochimici (doppi strati ceramici o ceramico-metallici costituiti da un elemento supportante ed uno attivo) per la separazione di specifici componenti di corrente gassosa ad alte T ( $500-800^\circ\text{C}$ ).

# Materiali e dispositivi per la mecatronica

Tecnologie di ricerca

## Materiali ferroelettrici, antiferroelettrici, piezoelettrici

La ricerca sui materiali perovskitici con proprietà ferroelettriche, antiferroelettriche, piezoelettriche spazia dallo studio dei fenomeni fisici alla base delle loro peculiari prestazioni fino alla scoperta di numerose nuove applicazioni. In questo contesto ISTEK è un punto di riferimento per numerosi studi in virtù della consolidata esperienza nella sintesi dei materiali e nell'ottimizzazione di tutto il processo fino al componente attivo (polarizzato) da integrare nella meccanica ed elettronica dedicata. Composizioni in cui coesistono fasi ferroelettriche e antiferroelettriche vengono attualmente ri-scoperte per l'accumulo di energia, attuatori ad alta deformazione, effetto elettrocalorico. In particolare l'unità di ricerca è impegnata nello sviluppo di materiali e componenti nei sistemi zirconato/titanato di piombo (PZT) e lantanio, (PLZT), ma soprattutto senza piombo, quali bismuto sodio bario titanato (BNBT), bario stronzio titanato (BST) con metodi tradizionali e chimici, quali la sintesi per «sol gel combustion» di polveri nanometriche.

## Sensori e attuatori

Sviluppo dei componenti massivi (densi o porosi), produzione dei film spessi, per applicazioni specifiche a bassa ed alta potenza in un ampio intervallo di frequenze. Possono essere sviluppati (progettati e realizzati) prototipi di attuatori e sensori piezoelettrici massivi e multistrato, trasformatori di tensione, trasduttori. Campi di applicazione: soppressione attiva di vibrazione, recupero di energia meccanica, acustica subacquea, dispositivi indossabili etc..

## Materiali e compositi multiferroici

I materiali multiferroici sono di notevole e crescente interesse in quanto combinano nella stessa struttura proprietà ferroelettriche e magnetiche. Sono materiali mono- o bi-fasici in cui la magnetizzazione può essere indotta da un campo elettrico e una polarizzazione elettrica può essere indotta da un campo magnetico. L'attività presso ISTEK è attualmente focalizzata ai processi per lo sviluppo dei nuovi materiali e soprattutto alla produzione di compositi attraverso la combinazione di un materiale magnetico con un materiale dielettrico o ferroelettrico. Vengono quindi ottimizzati i parametri di processo per la produzione dei singoli materiali, in particolare vengono prodotti materiali magnetici quali esaferriti di Ba e Sr, ferriti di Co, Ni, Ba etc., che vengono poi accoppiati al materiale dielettrico/ferroelettrico con diverse architetture (in forma di materiali massivi o film spessi).

## Sistemi d'antenna a microonde

La rapida evoluzione dei sistemi di comunicazione wireless, impiegati per applicazioni commerciali e militari, spinge verso componenti più compatti, portatili/indossabili che integrino nuove funzionalità di sistema, quali funzionamento multibanda e a banda larga e flessibilità nella riallocazione delle frequenze. Materiali e compositi multiferroici possono essere applicati in sensori magneto-elettrici per radioelettronica, optoelettronica, elettronica a microonde e trasduttori e sono attualmente una tecnologia di frontiera per la miniaturizzazione di dispositivi elettromagnetici.

# Biomateriali per la Nanomedicina e la Rigenerazione dei Tessuti

Tematologia  
ricerca

## Impianti porosi per rigenerazione ossea

Vengono studiati composti bioattivi che associano calcio-fosfati e fasi bioattive di rinforzo come la titania, per produrre scaffold ossei con elevato carattere osteogenico e proprietà meccaniche superiori per impiego nella rigenerazione di regioni ossee portanti carico. La rigenerazione di difetti ossei critici richiede impianti porosi per scambiare segnali chimici, morfologici e meccanici con le cellule e attivare la formazione di nuovo osso e la colonizzazione. La dimensione e la morfologia dei pori deve consentire la penetrazione dell'osso e la formazione di una rete vascolare per sostenere il metabolismo osseo. La resistenza meccanica deve essere sufficiente a mantenere stabilità fisica dopo l'impianto.

## Nano-apatiti magnetiche per trasporto di farmaci e ingegneria dei tessuti

Presso ISTEK sono state prodotte nanofasi di idrossiapatite bioattiva dotate di superparamagnetismo, per agire come nuovi sistemi di rilascio in grado di rispondere agli stimoli o favorire l'homing delle cellule e la colonizzazione di scaffold ossei e osteocondrali per migliorare i processi di rigenerazione tissutale. Il recente sviluppo di nanoparticelle di idrossiapatite superparamagnetica (Fe-HA) è stato ottenuto mediante sostituzione controllata di ioni calcio con ioni  $Fe^{2+/3+}$ , con specifico rapporto Fe/Ca e  $Fe^{2+}/Fe^{3+}$ . Grazie alla bioattività, biorisorbibilità e safety di questo nuovo biomateriale, così come la capacità di essere attivato mediante segnale esterno, sono stati ottenuti bio-dispositivi di nuova generazione con proprietà superparamagnetiche. Il superparamagnetismo della Fe-HA è anche associato con proprietà di ipertermia, per potenziali applicazioni in terapie antitumorali di nuova generazione.

## Cementi ossei e apatiti biomimetiche

Sono stati sviluppati nuovi cementi ossei a base di idrossiapatite, iniettabili bio-riassorbibili per uso in procedure di vertebroplastica in caso di corpi vertebrali indeboliti o danneggiati da traumi o osteoporosi. I nuovi cementi possiedono elevata abilità osteogenica, porosità aperta e capacità di essere completamente bio-riassorbiti, grazie anche alla presenza di bio-polimeri che promuovono l'iniettabilità, l'indurimento e la penetrazione del nuovo osso.

## Nanocompositi ibridi per la rigenerazione di regioni anatomiche

Scaffold 3D biomimetici e biorisorbibili per la rigenerazione di regioni multi-funzionali come i siti osteocondrali e parodontali sono sviluppati grazie ad un processo di sintesi biologicamente ispirato che mima il processo di neo-ossificazione, così da conferire ai dispositivi un'elevata abilità rigenerativa. Gli scaffold sono basati su fibre di collagene che assemblano, organizzano e mineralizzano spontaneamente con nano-nuclei di idrossiapatite biomimetica a seguito di variazione di pH

## Funzionalizzazioni e apatiti nanocristalline per nano-sistemi intelligenti

L'attività presso ISTEK si è focalizzata sulla preparazione di nanocristalli di apatite usando differenti procedure (sol-gel, diffusione di vapore, cristallizzazione assistita) per variarne le proprietà chimico-fisiche, la biocompatibilità e la biodegradabilità. Le nanoparticelle di apatite sono state funzionalizzate con biomolecole a diversa attività biologica per la cura di patologie ossee (osteoporosi, osteosarcoma, etc.). Questi biomateriali possono agire da materiale di supporto per la proliferazione cellulare e formazione di nuovo tessuto e allo stesso tempo rilasciare le biomolecole legate in precedenza. Le dimensioni, la forma e la chimica di superficie delle apatiti influenza l'adesione e le cinetiche di rilascio che possono essere ottimizzate per sviluppare dispositivi a rilascio controllato "personalizzati".

### **Trasformazioni biomorfiche: impianti Bioattivi con struttura porosa gerarchicamente organizzata**

Un innovativo processo ceramico multi-step è stato sviluppato con successo presso ISTEK per ottenere una generazione di dispositivi per applicazioni in ortopedia, indirizzati particolarmente alla rigenerazione di osso lungo sottoposto a carico meccanico per il quale non esistono ancora efficaci soluzioni cliniche. Questi scaffold riproducono la struttura tridimensionale dei legni, con proprietà porosimetriche, morfologiche e chimiche simulanti l'osso umano (biomimetismo), in grado di indirizzare la ricostruzione ossea attraverso una rapida vascolarizzazione, accrescimento osseo e rimodellamento. La peculiare struttura di questi materiali permette un'efficiente distribuzione del carico meccanico fino a livello trabecolare, ove hanno luogo processi di rimodellamento osseo grazie fenomeni biomeccanici localizzati.

### **Sistemi filtranti intelligenti per lo scambio di umidità e la cattura di nanoparticelle per applicazioni biomedicali**

Nano-compositi porosi ibridi vengono studiati per utilizzo come dispositivi filtranti per nanoparticelle e come sistemi per lo scambio di umidità. Questi dispositivi esibiscono una geometria complessa che consente l'intrappolamento delle nano-particelle nella regione critica 30-100 nm senza elevata caduta di pressione. I compositi ibridi vengono sviluppati mediante un processo di biomineralizzazione indotto a partire da una sospensione di miscele di polimeri naturali (ad esempio gelatina, chitosano, alginato) in presenza di ioni  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{PO}_4^{3-}$  a temperatura e pH controllati. Questo consente la simultanea fibrazione e nucleazione eterogenea di quantità definite di fasi apatiche a bassa cristallinità.

### **Impianti per la rigenerazione della rete vascolare e organi molli**

Matrici polimeriche a base di collagene sono sviluppate per la rigenerazione di tessuti molli quali il muscolo cardiaco, tendini/legamenti, menisco ed organi endocrini (timo, tiroide). Vengono applicati processi biologicamente ispirati di auto-assemblaggio e auto-organizzazione indotti da variazioni di pH a blends polimerici naturali e bio-erodibili (collagene, cellulosa, alginato, chitosano, PLLA, PCL, PGA, PEG) per ottenere costrutti 2-D e 3-D con elevata mimesi del tessuto stromale. Vengono preparate membrane a base collagenica mediante tape-casting ed ingegnerizzate per funzionare come patch per il miocardico infartuato. L'elasticità delle membrane può essere modulata con impiego di molecole quali l'elastina e/o agenti reticolanti, per favorire ai processi di contrazione dei cardiomiociti coltivati sulla sua superficie.

### **Interazione cellula-materiale: valutazioni biologiche**

Il Laboratorio di Nano-biomagnetismo dell'ISTEK ha lo scopo di valutare biocompatibilità e biofunzionalità di materiali e dispositivi in relazione alla loro capacità rigenerativa di differenti organi e tessuti umani in risposta a danni causati da traumi e/o malattie degenerative (osteoartrosi, osteoporosi, etc.). I biomateriali vengono studiati anche in associazione a stimolatori biologici (cellule differenziate e non, fattori di crescita ed altre molecole segnale, stimolazioni biofisiche).

### **Apatiti sostituite per produzione ed assorbimento di energia**

L'idrossiapatite è un biomateriale di largo uso nella riparazione e rigenerazione di difetti ossei ma è anche riconosciuta come un materiale per la purificazione dell'ambiente, grazie alla sua abilità di assorbire una varietà di composti inorganici e di sostanze organiche come proteine e batteri. La sostituzione di ioni calcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ) con  $\text{Ti}^{4+}$  destabilizza il reticolo dell'HA e genera un riarrangiamento atomico che provoca una diminuzione del gap di energia nella struttura a bande dell'HA. In queste condizioni, la Ti-HA acquisisce proprietà fotoelettroniche che sono promettenti per implementare nuove celle solari sensibilizzate con colorante (DSSCs) per la produzione di energia, che sono tra le più avanzate vie per produrre elettricità in assenza di alimentazione elettrica.

tematiche di  
ricerca

# Conservazione e Restauro Patrimonio Culturale

## Ceramica, mosaico e malte nel Patrimonio Culturale

Gli studi archeometrici permettono di risalire alla provenienza e alla tecnologia di produzione di materiali o reperti attraverso caratterizzazioni chimico-fisiche e microstrutturali. Le informazioni archeometriche, unitamente a quelle storico-archeologiche, consentono di ricostruire le rotte commerciali e i contesti di utilizzo degli oggetti. Lo studio diagnostico implica l'attenzione ad un sistema multiplo - oggetto culturale; ambiente e interazione - con il riconoscimento delle fasi di degrado e del loro grado di avanzamento; L'analisi dei meccanismi di degrado di reperti antichi permette di approntare interventi di restauro mirati e pianificare azioni conservative nel tempo. In questi ambiti le competenze da molti anni sviluppate all'ISTEC riguardano: - Caratterizzazione archeometrica dei materiali ceramici, musivi, lapidei e vetrosi finalizzata a studi di provenienza e di tecnologia di lavorazione., - Sviluppo di compositi geopolimerici da usare nel restauro dei materiali ceramici e lapidei e per la riproduzione di parti mancanti., - Sviluppo di malte idrauliche a base di calce idraulica naturale (NHL) o grassello e meta-caolino per la messa in sicurezza di strutture archeologiche, la ricollocazione di lacerti musivi ed altre tipologie di intervento su edifici storici.

## Archeometria e diagnostica

L'archeometria consente di «estrarre» dai beni culturali la storia di cui sono depositari. La microstruttura, la composizione chimica e mineralogica, i piccoli difetti sono fondamentali per la ricostruzione del ciclo di vita di un oggetto culturale sia esso ceramico, musivo o lapideo. Anche le malte, solitamente poco prese in considerazione, nascondono informazioni sulla cultura di un popolo.

La diagnostica è la naturale conseguenza dell'archeometria focalizzando la propria attenzione alle forme e ai prodotti di degrado, cioè a ciò che succede nel reperto una volta in opera oppure in «disuso».

E' altrettanto importante però organizzare in maniera opportuna le procedure analitiche in modo da ridurne l'invasività. Presso ISTEC da qualche tempo si sta lavorando all'elaborazione ed individuazione di una sequenza analitica idonea alla caratterizzazione dei materiali.

## Conservazione: materiali e tecniche innovative

I prodotti per la conservazione dei materiali lapidei naturali o artificiali nei Beni Culturali devono essere idonei per la funzione di restauro che debbono assolvere, inoltre debbono avere compatibilità con i materiali su cui si interviene e durabilità in diversi contesti ambientali. I geopolimeri, le malte idrauliche a base di grassello o calce idraulica naturale NHL e metacaolino sono in grado di soddisfare queste caratteristiche. I geopolimeri sono realizzati a partire da materie prime naturali inorganiche trattate a basse temperature, fatte reagire con soluzioni alcaline e consolidate a freddo. Per la loro versatilità, possono essere impiegati per interventi conservativi, su singoli manufatti e su complessi archeologici o architettonici, per stuccature, riempimento di lacune, riproduzione di parti mancanti, consolidamento di strutture lapidee e in terra cruda e messa in opera di supporti mobili alleggeriti per lacerti musivi. Le malte idrauliche a base di calce idraulica naturale e metacaolino o grassello e metacaolino sono compatibili con i materiali storici, non producono sali solubili, sono durevoli anche in ambienti umidi. Sono ottimali per la messa in sicurezza di strutture archeologiche-architettoniche, la realizzazione di malte di allettamento per lacerti musivi, il riempimento di lacune, il recupero dell'edilizia storica e applicazioni in bio-edilizia (intonaci, allettamento, ecc.) e infine per iniezioni e stuccature.

## Altre attività

### Istruzione e Formazione

Il personale dell'ISTEC è coinvolto in iniziative di formazione, di collaborazione e di sostegno all'istruzione a tutti i livelli, svolge attività di formazione nei corsi universitari di dottorato di ricerca, attività di alta formazione post-universitaria, di formazione permanente, di formazione superiore non universitaria.

**Dal 2001 ospita i laboratori del Corso di Laurea "Chimica e Tecnologie per l'Ambiente e per i Materiali - Curriculum: Materiali Tradizionali e Innovativi"** facoltà di Chimica Industriale dell'Università di Bologna.

ISTEC stipula Convenzioni con Dipartimenti universitari distribuiti su tutto il territorio nazionale, favorisce l'associatura di docenti, accoglie studenti in tesi di vario livello e dottorandi.

Il Personale del ISTEC collabora con l'Università e altri tipi di organizzazioni svolgendo attività di docenza su materie specialistiche per Corsi di Perfezionamento post-laurea, post-diploma.

Dal 2014 è partner del Corso di **Dottorato in convenzione con l'Università di Parma su Scienza e Tecnologia dei Materiali Materiali Avanzati**

ISTEC offre la possibilità alle Aziende che lo desiderano di far svolgere al loro personale specifici corsi di aggiornamento professionale e appositamente formulati sulle esigenze formative e organizzative.

ISTEC promuove la diffusione della conoscenza anche con l'organizzazione di convegni, fiere, proprie iniziative editoriali.

### Servizi alle imprese

L'innovazione tecnologica è la forza motrice capace di orientare le Imprese verso nuovi obiettivi, in termini di processo e di prodotto, consentendo il rinnovamento delle strutture industriali e la creazione di nuovi settori di attività economica. La Ricerca è alla base di qualsiasi processo innovativo, ma il percorso che conduce dall'intuizione alla scoperta e da questa alle sue applicazioni, attraverso anche meccanismi di trasferimento tecnologico, non è mai del tutto riproducibile. Per disporre in modo efficace della risorsa Innovazione è necessario creare strumenti che consentano una migliore identificazione delle innovazioni tecnologiche e un maggior numero di applicazioni.

**ISTEC ha ottenuto l'Accreditamento Istituzionale** (Gestore Sistema Qualità: Valentina Biasini) delle strutture di ricerca industriale e trasferimento tecnologico presso la Regione Emilia-Romagna. Attraverso questo strumento di qualificazione, la Regione Emilia-Romagna attesta che le modalità organizzative e gestionali delle strutture di ricerca accreditate sono adeguate all'instaurazione di un rapporto sistematico con le Imprese e in regime di controllo di qualità.

In virtù dell'Accreditamento ottenuto, **ISTEC è entrato a far parte della RETE ALTA TECNOLOGIA della Regione Emilia Romagna** e partecipa a progetti congiunti con aziende nell'ambito del programma dei Tecnopoli finanziati dalla Regione Emilia-Romagna per l'innovazione e la crescita di competenze.

### Contratti e attività di conto terzi

Il personale dell'ISTEC intrattiene rapporti di collaborazione attraverso appositi contratti, con le aziende del settore manifatturiero interessate alla innovazione mediante applicazioni di materiali ceramici.

Negli anni recenti tali forme di collaborazione con le imprese hanno prodotto rilevanti entrate quantificate in circa 500k€/anno

Nel caso in cui le richieste da parte di aziende siano rivolte a specifiche esigenze di analisi e caratterizzazioni di competenza dell'Istituto, ISTEC risponde alle necessità in base ad un tariffario predisposto allo scopo. Attività di questo tipo, generalmente di importo inferiore a circa 10k€, ammontano annualmente a 100k€.

## Presenza dell'ISTEC nel contesto nazionale e internazionale

Nel processo di crescita, stimolato negli anni dalla partecipazione a progetti nazionali ed internazionali e dal continuo confronto con la comunità scientifica, presso ISTEC si sono rafforzate le competenze scientifiche e tecnologiche consolidando una ricca ed articolata **Rete Relazionale e di Collaborazioni**.

Il percorso di sviluppo di ISTEC è stato accompagnato da iniziative promosse per stimolare e creare un'aggregazione territoriale di nuove infrastrutture in un luogo fisico ad elevata contiguità che comprendesse istituzioni dedite non solo alla ricerca ma anche al trasferimento tecnologico, alla formazione e cultura ceramica.

Le azioni, condivise e supportate dalle diverse amministrazioni coinvolte, hanno quindi fatto crescere in loco, nei pressi della sede dell'ISTEC diverse strutture dedicate a:

- ricerca e sviluppo in settori affini (Laboratori di Ricerca dell'**ENEA**);
- trasferimento di tecnologie ed erogazione di servizi alle Imprese (**Centuria-Innovazione Romagna, Parco Scientifico Tecnologico della Romagna**);
- analisi e certificazione per le imprese nei settori dei materiali da costruzione (Laboratorio **CertiMaC** co-fondato e co-partecipato da ENEA ed ISTEC);
- **iniziative di Spin-off**: IPECC S.r.l., Fin-ceramica Faenza (nata dal trasferimento tecnologico di attività di ricerca negli anni '90 e ora impresa S.p.A.);
- Formazione universitaria con l'insediamento del Corso di laurea della facoltà di Chimica Industriale

La ricchezza del tessuto culturale locale e l'esigenza di una maggiore integrazione fra i diversi attori ha stimolato l'interesse comune di interfacciarsi con un contesto industriale rivolto verso le nuove tecnologie, attivando uno strumento innovativo per lo sviluppo economico del territorio: il **Parco delle Arti e delle Scienze "E. Torricelli"**, attualmente costituito nella parte dedicata ad "incubatore".

La Regione Emilia Romagna ha incluso le strutture dedicate a Ricerca e Innovazione di Faenza, compreso ISTEC, tra le sedi di uno dei **Tecnopoli della Rete dell'Alta Tecnologia**, orientati allo sviluppo di infrastrutture innovative nei sistemi produttivi territoriali, al sostegno dell'insediamento di nuovi laboratori di ricerca e di nuove imprese derivanti dai risultati della ricerca.

Fin dai primi anni '80, la presenza dell'ISTEC sullo scenario internazionale è cresciuta e si è intensificata. Attualmente sono attive numerose iniziative quali: partecipazione a Progetti Europei; programmi ministeriali (FIRB, PRIN, PON, Ind.2015, PNR-M); progetti regionali (Tecnopoli, PRRITT, Spinner, Poli); contratti di ricerca; accordi bilaterali; collaborazioni dirette. Queste iniziative comportano uno stretto confronto tra ISTEC e numerosi Enti di Ricerca, Università ed Istituzioni internazionali.

I contatti a livello internazionale sono favoriti dalla presenza di ricercatori ISTEC all'interno di associazioni culturali quali la Società Ceramica Italiana, la Società Ceramica Europea, la Società di Reologia, La Società Europea per i Biomateriali, il PiezoInstitute, il Network Europeo di istituti di Ricerca sui Materiali (ENMAT) e la partecipazione attiva in diverse piattaforme Europee e Nazionali

Cumulativamente le entrate da iniziative esterne sono cresciute sensibilmente e, negli ultimi anni, hanno raggiunto circa 2.500.000€/anno.



### Principali recenti collaborazioni bilaterali internazionali

- (CNR/CAS) Cina Shanghai Institute of Ceramics , *Ceramici Ultrarefrattari*
- CNR/FCT Portogallo CICECO- Università Aveiro, *Pigmenti Ceramici*
- CNR/SAV Slovacchia IIC, *Processi Ceramici Ultrarefrattari*
- CNR/TUBITAK Turchia, *Utensili da taglio ceramici*
- CNR/TUBITAK Turchia, *Inchiostri a base acquosa*
- CNR/CNRS Francia, *Ceramici con proprietà ottiche*
- CNR/Romanian Academy, Romania, *Perovskiti multiferroiche nanofasiche*
- CNR/JSPS Giappone, *Giunzione di UHTC*
- CNR/CONICET, Argentina, *Trattamenti a secco di materie prime*
- CNR/CNPQ Brasile, *Materie prime per piastrelle*
- CNE/CNPQ , Brasile, *Scienza Senza frontiere*
- ISTEC- AFOSR – US Air Force/USA contratto di ricerca su *Analisi TEM ceramici UHTC*
- CNR/NSF-USA, progetto tra ISTEC e University of Missouri, USA, *Sviluppo di ceramici ultrarefrattari*
- Methodist Hospital Houston USA: *Nanomateriali per la medicina rigenerativa*

### Attività promozionale e culturale

ISTEC Partecipa con contributi attivi alle edizioni annuali che si svolgono ogni anno a giugno a Bologna **R2B-Research to Business**, Salone Internazionale della Ricerca Industriale e dell'Innovazione, ad eventi faentini a scopo divulgazione scienza e tecnologia come:

- Energizziamoci, 11 – 26/04/2015
- la Settimana Scientifica e Tecnologica del Comune di Faenza che si svolge a Maggio ogni anno, Alla **Settimana della Scienza** curata dal CNR. In questa sede ricercatori ISTEC hanno ricevuto numerosi riconoscimenti partecipando al concorso di idee innovative\_ Start-Cup.

### Convegni organizzati da ISTEC nel periodo 2012-2015

- **Ceramics For Energy- CeEN2015**, International Workshop organizzato da ISTEC-CNR, 14-15 /5, 2015
- **CERMODEL 2015** ,International Congress CERMODEL - Modelling and Simulation Meet Innovation in Ceramics Technology 1-3 Luglio 2013, Trento, organizzato da ISTEC-CNR e Università Trento
- **How to exploit the porosity of Geopolymers**. International Workshop, 2/10 /2014 – Faenza, organizzato da ISTEC-CNR e Università di Bologna
- **MiMe-MATERIALS in MEDICINE**, International Congress, 8-11 /10 2013, organizzato da ISTEC-CNR
- **CERMODEL 2013** International Congress - 10-12/7 2013, Trento, organizzato da ISTEC-CNR e Università Trento
- **VII “Mosaic: archaeometry, technology and conservation”**, 20-21 Novembre 2014
- **VI “Mosaic: archaeometry, technology and conservation”**, 22-23 Novembre 2013
- **V “Mosaic: archaeometry, technology and conservation”**, Novembre 2012  
Appuntamento internazionale annuale per archeometri, conservation scientists, restauratori, architetti, archeologi, artisti, ecc.) organizzato dal Gruppo Beni Culturali del CNR-ISTEC
- **WG3Conference- Recent Advances in ferro/piezoelectric and multiferroic-based composites** , Faenza 22-23/4/ 2013, Organizzato da ISTEC-CNR e Università A.I. Cuza, Iasi-Romania
- **Ceramic TTD-Technology Transfer Day**, presso Tecnargila, Rimini, 25-27 Sett. 2012. Ultimo di una serie di eventi co-organizzati da ISTEC-CR e ACIMA dedicati all'incontro tra offerte tecnologiche innovative e le imprese.

## Partecipazione a recenti progetti di rilevanza nazionale

### Progetto Bandiera-RitMare

- Monitoraggio a bordo dello stato delle strutture e del loro livello di degrado (C. Galassi)
- Tecniche per la riduzione della resistenza d'attrito tramite rivestimenti nano strutturati con proprietà superidrofobiche e Sviluppo di pitture antifouling (M. Raimondo)
- Pannelli di compartimentazione, per abbattimento acustico e resistenza al fuoco (V. Medri, E. Landi)
- Materiali ceramici densi trasparenti e strutture porose funzionalizzate (L. Esposito, E. Landi)

### Progetto Premiale Medicina Personalizzata

Nanoparticelle magnetiche per diagnosi precoce (A. Tampieri)

### Progetto di Interesse-Invecchiamento

Nanomateriali medicina rigenerativa biomimesi (A. Tampieri)

### Progetto Bandiera-Fabbrica del Futuro

- Surface Nano-structured Coating for Improved Performance of Piston Pumps (M. Raimondo)
- composite Nanofibres for Treatment of air and Water by an Industrial Electrospinning (A. Costa)
- Mechano-chemistry: geopolymer binders used in building construction (S. Gualtieri)

### Progetto Bandiera-NanoMax

Progetto miRnano (A. Tampieri)

### Programma CLUSTER

Intelligent Factory; Progetto Sustainable ManuFacturing, Ambito Intelligent Factory, OR4. Human Centered Manufacturing (C. Galassi, S. Gualtieri)

### Piano Nazionale Ricerca Militare

\*Ceramiche Microstrutturate trasparenti per applicazioni Laser di Alta Potenza: sviluppo e validazione (L. Esposito)

\*Compositi piezo-magnetici ingegnerizzati per antenne miniaturizzate indossabili- Antenna. (C. Galassi)

\*Protezioni termiche avanzate a profilo aguzzo per ambienti esterni – Protect (F. Monteverde)

\*Materiali ceramici ultrasensibili all'ablazione per applicazioni nella propulsione, denominato SMARP (D. Sciti)



## Recenti Progetti Europei



**BIO-INSPIRE:** PITN-GA-2013-607051 (2013-17) Bio inspired bone regeneration. (S. Sprio)

**SUN:** NMP4-LA-2013-604305 Sustainable Nanotechnologies . (A. Costa)

**SMILEY:** NMP-2012-SMALL-6-310637 (2012-15) Smart nano-structured devices hierarchically assembled by bio-mineralization processes. Coord. ISTE. Ref. person: (A. Tampieri, A. Sanson)

**LIGHT-TPS:** SPACE-2013-1 Super light-weight thermal protection system for space application (D. Sciti)

**SANOWORK:** NMP4-SL-2012-280716 Safe nano worker exposure scenarios. Coord ISTE (A. Costa)

**NANOREG:** contract n. 310584 (2012-15) A common European approach to the regulatory testing of Manufactured Nanomaterials. (A. Tampieri)

**THE PIEZOINSTITUTE:** NMP-2011-CSA-5 (2010-14) European Expertise Centre for Multifunctional and Integrated Piezoelectric Devices . (C. Galassi)

**SENERES:** REGPOT-2011-1 (2011-2014) Sustainable Energy research - development center (C. Galassi)

**BFUNTEX:** NMP-201-2-3-3 Networking of materials laboratories and innovation actors in various industrial sectors for product or process innovation. (A. Costa)

**PHIS:** NMP-FP2466373-2 (2010-14) Composite Phenotypic Triggers For Bone Repair. (A. Tampieri)

**E2PHEST2US:** ENERGY.2009.2.5.1 (2010-12) Enhanced energy production of heat and electricity by a combined solar thermionic-thermoelectric unit system (D. Sciti)

**GISTER:** NMP3-LA-2008-214685 (2008-13) Magnetic Scaffolds For In Vivo Tissue Engineer (A. Tampieri)

**IDEAL-CELL:** ENERGY-2007-1.1-03 (2007-11) Innovative dual membrane fuel cell.(A. Sanson)

**TEM-PLANT:** NMP4-CT-2006-033277 (2008-11) New bio-ceramization processes applied to vegetable hierarchical structures. (A. Tampieri)

**STAGE-STE**— FP7-ENERGY-2013-IRP Scientific and Technological Alliance for Guaranteeing the European Excellence in Concentrating Solar Thermal Energy (D. Sciti)

**EVOLVE** - SP1-JTI-FCH.2010.3.1 Evolved materials and innovative design for high-performance, durable and reliable SOFC cell and stack (A. Sanson)

**NANOINDENT-plus** NMP.2012.4.0-2- " Standardising the nano-scratch test " (A. Tampieri)

## Prodotti della ricerca

**Pubblicazioni negli ultimi 5 anni:**

210 lavori a stampa su riviste, 200 pubblicazioni su atti di convegno, 20 capitoli di libri, 2 libri

Comunicazioni a Congressi: circa 50 all'anno

## Brevetti attivi 2011-2014

TITOLO	RIF.	INVENTORI	ISTITUTO	DATA DI PRIORITA'	ESTENSIONI	% CNR	CONTITOLARI	LICENZIATO	LICENZIATARIO
Procedimento di sintesi di tessuto osseo artificiale, tessuto osseo artificiale ottenibile mediante tale procedimento e relativo uso	1562	Tampieri, Celotti, Landi	ISTEC	05/02/2003	AT-BE-CH-DE-DK-ES-FR-GB-GR-IT-NL-SE	100%		01/06/2010	FINCERAMICA S.p.A. - Faenza (RA)
Una idrossiapatite plurisostituita ed il relativo composito con un polimero naturale	1682	Landi, Tampieri, Sprio	ISTEC	18/10/2005	EP-CA-JP-BR-AUS	50%	Finceramica	02/03/2012	FINCERAMICA S.p.A. - Faenza (RA)
Impianti per sostituzioni ossee "Load Bearing" ad architettura gerarchicamente organizzata derivante dalla trasformazione di strutture vegetali	10074	Sprio, Ruffini, Tampieri	ISTEC	08/11/2010	EP-USA-AUS-CAN-IND-CHI-RUS	100%		18/12/2014	ERMINE TECHNOLOGY S.r.l. - Faenza (RA)
Idrossiapatite intrinsecamente magnetica	10075	Tampieri, Landi, Sandri	ISTEC	29/07/2010	EP-USA-SING-KR-SA-AUS-RU-CHI-NZ-CA-BR-JP-IN-HK-MX-IS-AL	55%	Uni Santiago Comp. (solo USA e EU) - Finceramica		
Impianto dentale od osseo, in particolare in nanocomposito allumina-zirconia	10173	Bellosi, Faga	ISTEC / IMAMOTER	17/01/2012	EP	50%	Uni TO		
Materiale ceramico per ultra alte temperature (UHTC) a porosità gerarchica	10188	Landi, Medri, Miccio, Sanson	ISTEC	11/04/2012	NO	100%			
Metodo per il trattamento di superfici ceramiche per conferire alle stesse una elevata idrofobicità e oleofobicità	10198	Raimondo, Blosi	ISTEC	03/03/2011	EP	60%	ENEA		
Metodo per il trattamento di superfici metalliche per conferire alle stesse elevata idrofobicità e oleofobicità	10224	Raimondo, Blosi	ISTEC	21/06/2012	EP	50%	ENEA		
Assorbitore solare comprendente Ta2	10240	Sciti	ISTEC	18/12/2012	PCT (18/12/2013)	100%			
Cemento iniettabile apatitico ionicamente multiossificato per vertebroplastica rigenerativa	10322	Sprio	ISTEC	19/06/2014		90%	UniCattolica		
Citrate-stabilized amorphous calcium phosphate nanoparticles	10326	Iafisco	ISTEC	21/07/2014		50%	CSIC		
Prodotti per la veicolazione di composti terapeutici/diagnostici al cuore	10339	Iafisco	IRGB / ISTEC	22/12/2014		75%	INAIL		
Dispositivo convertitore termoelettrico		Sciti	IMIP / ISTEC	03/09/2012	PCT (02/09/2013) - EP	100%			
Materiale ceramico per randome, randome e processo per la sua produzione		Sciti, Esposito	ISTEC	22/02/2012	PCT (22/02/2012)	0%	100% - MBDA Italia S.p.A.		
Procedimento per la preparazione di nanoparticelle di metalli nobili in idrogel e nanoparticelle così ottenute	10348	Costa, Blosi	ISTEC			100%			
Pannelli Compositi (MODELLO D'UTILITA')	10393	Landi, Medri	ISTEC	15/12/2014		100%			
Compositi ibridi ottenuti per mineralizzazione con apatiti multiossistituite per la fabbricazione di fotoanodi flessibili e filtri solari fisici	10395	Sandri, Tampieri, Sanson	ISTEC	01/02/2015		100%			

ISTEC partecipa ad incontri con imprese per contatto diretto o attraverso iniziative varie promosse dal CNR e da altre istituzioni, in elenco alcuni principali eventi del 2014.

DATA	LUOGO	TITOLO	ORGANIZZATORE	RELATORI ISTEC
27/05/2014	Bologna	Incontro Confindustria- CNR	CNR e Confindustria	NO
4-5/06/2014	Bologna	R2B Research to Business	Aster, BO	Stand
11/02/2014	Roma	Incontro Aziende/CNR	CNR e Confindustria	Raimondo
04/03/2014	Bologna	Patto Confindustria/CNR	CNR/Unindustria BO	Costa, Blosi, Galassi
03/07/2014	Reggio Calabria	Progetto Veltrina Brevetti	CNR/Camera Comm. RC	Costa, Blosi, Galassi
12/06/2014	Faenza	Campus Cloud Focus Rete Alta Tecnologia	Centuria/ASTER	Papa, Romano, Bondoni, Veronesi, Caldarelli, Soragni, Sangiorgi
02/10/2014	Faenza	Autoexploit Porosity of geopolymers	ISTEC/UniBo/Società Cer. Italiana	Medri, Papa, Murri, Soragni, Guallieri, Macchiarola, Vodopivec
06/10/2014	Pula, Sardegna	BIOTTASA	CNR, Sardegna Ricerche	Sprio
04/11/2014	Roma	Incontro CNR/ Dappollonia	CNR	Raimondo