

Centro di Ricerca Interdipartimentale in Materiali Avanzati e Dispositivi - Advanced Materials and Devices Center (MADE)

RELAZIONE di ATTIVITÀ 2024

Al “Centro di Ricerca Interdipartimentale in Materiali Avanzati e Dispositivi - Advanced Materials and Devices” – MADE afferiscono ricercatori dai Dipartimenti di Fisica, di Chimica e di Ingegneria Industriale e dell’Informazione (ex Centro CILSOMAF) e del Dipartimento di Scienze del Farmaco e di Ingegneria Civile e Architettura dal 2015. La Segreteria amministrativa del Centro ha sede presso il Dipartimento di Fisica, responsabile ne è Dott.ssa Maria Grazia Brunelli. Il Comitato Tecnico Scientifico è composto da due rappresentanti fra i docenti di ogni Dipartimento afferente, di norma in carica per un triennio (attualmente 2023/26).

Durante l’anno 2024, rispetto all’anno precedente, il Centro MADE ha ripreso e ampliato gli studi, sia fondamentali sia applicativi, in materiali e dispositivi innovativi nei seguenti campi di ricerca:

- Nuove tecnologie, metodi di sintesi e di caratterizzazione
- Elettronica e Fotonica
- Energia e Ambiente
- Materia soffice, Biomateriali, Materiali per nanomedicina
- Micro- e nano-materiali funzionali;

favorendo un utilizzo razionale ed efficace delle risorse, sia umane sia strumentali. Si nota dalla relazione che siano in costante incremento le collaborazioni fra ricercatori con competenze complementari, accompagnate da un notevole inserimento in progetti di ricerca e collaborazioni anche con enti di ricerca, e con imprese nei settori di ricerca d’interesse.

Nel seguito sono riassunti i risultati ottenuti nell’ambito delle principali linee di ricerca e le prospettive attuali, suddivisi per Dipartimento di afferenza dei ricercatori principalmente coinvolti o promotori, e in allegato le pubblicazioni nel 2024 in riviste internazionali ad essi riferite.

Nell’anno 2025 le attività di ricerca proseguiranno, rafforzando interazioni con imprese, spin-off e centri di ricerca sia in collaborazione di ricerca sia in attività conto terzi. Infatti, la complessiva competenza generata dai nuovi apparati strumentali si sta rivelando ottimale per studiare materiali e dispositivi adatti al processo di trasferimento tecnologico.

Questo rafforzamento è auspicabilmente favorito dalla partecipazione diretta a progetti del piano PNRR (Ecosistemi, Partenariati Estesi, Centri Nazionali) che hanno avuto inizio fra ottobre e novembre 2022; nel corso del 2025 si completeranno anche coinvolgimenti in collaborazione, all’interno di bandi *a cascata* per imprese e altri centri di ricerca accademici e non. Inoltre, i gruppi sono coinvolti in progetti MIUR PRIN, PRIN PNRR ed Europei, ampliando così le collaborazioni nazionali ed internazionali.

Nel seguito, descriviamo in maggiore dettaglio le attività, a partire dai Dipartimenti proponenti, e di cui numerose sono in collaborazione come accennato.

DIPARTIMENTO DI FISICA

Nel corso del 2024 l'attività è proseguita principalmente nelle seguenti linee di ricerca:

A. Studio ottico e caratterizzazione di materiali ottici e fotonici funzionali

L'attività di ricerca ha sfruttato l'utilizzo combinato di differenti spettroscopie ottiche lineari e in eccitazione/emissione nell'intervallo spettrale UV-vis-NIR. I materiali studiati in particolare sono stati:

- composti semiconduttori III-V in eterostrutture a film sottile, per integrazione in strutture di cella fotovoltaica a multi-giunzione, e.g. InGaAs, AlGaInP, GaInP e AlInP su substrati GaAs o Ge. Mediante modulazione della soglia di assorbimento e del drogaggio, e con l'aggiunta di *coating* antiriflesso in ossidi progettati, si intende rendere più efficiente l'assorbimento di radiazione solare nella regione spettrale visibile-NIR (*coll. RSE s.r.l. e Politecnico di Milano*);
- composti semiconduttori ZnSnN₂ a composizione e proprietà modulabili da crescita innovativa mediante High-power Impulse Magnetron Sputtering; l'applicazione proposta è per celle top fotovoltaiche, congiunte a celle bottom in Si (*coll. RSE s.r.l. e Politecnico di Milano*);
- composti perovskitici ibridi a base Pb/Br (*metal halide perovskites* (MHP) a cationi chirali e dimensionalità modulabile da 2D a 3D; studi di morfologia, risposta ottica anisotropa e chirale e proprietà di emissione ottica modulabile in polarizzazione (*coll. L. Malavasi, Dip. Chimica*);
- materiali polimerici di nuova sintesi che consentono proprietà fisiche modulabili in funzione dell'applicazione ottica o fotonica, mantenendo flessibilità superiore rispetto ai corrispettivi inorganici (*coll. D. Comoretto, Dip. Chim. Industriale, Univ. Genova, Dip. Chimica UniPV, IIT Genova*); in particolare:
 - a) sistemi polimerici a DBR e microcavità a emettitore, per controllo/confinamento di radiazione emessa nel visibile;
 - b) polimeri mecanocromici in DBR a risposta ottica modulata dalla intensità di tensione applicata.

B. Scienza dei materiali e correlata diagnostica di morfologia dei materiali funzionali

L'attività si è ampliata con l'acquisizione di innovativa strumentazione per microscopia a scansione di sonda (SPM), tale da permettere oltre alla diagnostica morfologica, anche l'acquisizione di segnali complementari di forze, elettrici, e magnetici. Insieme allo studio composizionale da fluorescenza a raggi X (XRF), e al suddetto ottico e di conduzione elettrica, essa consente di correlare le differenti proprietà strutturali-fisico-chimiche necessarie per le applicazioni funzionali del materiale. La varietà di materiali studiati è ampia, a titolo d'esempio citiamo:

- Conduttori a base polimerica per elettrodi e film sottili in grado di ottenere buona conducibilità volumica o superficiale (*coll. Dip. Chimica, Univ. Genova e Univ. Piemonte orientale*)
- Materiali da agroindustria primaria, es. specie vegetali, cereali, foraggi e vite/vigna e loro prodotti di scarto (*Coll. PNRR Ecosistema NODES, Spoke 6 Agroindustria primaria*)
- Materiali per *scaffold* tissutali, fibre polimeriche elettrofilate, specie peptidiche in grado di favorire l'adesione e proliferazione cellulare e la produzione di matrice extracellulare (*coll. Dip. Scienze del Farmaco*)
- Materiali da sintesi industriali o da riciclo, in forma vetrosa, pigmenti, membrane, polveri (*coll. Dip. Chimica*);
- Micro- e nano-particelle polimeriche come vettori in campo farmacologico e oncologico (*coll. Dip. Scienze del Farmaco e Laboratori industriali*).

C. Materiali sensibili e funzionali per diagnostica di analiti in vapore e in soluzione

Proseguendo le collaborazioni con la spin-off Plasmore e con il Paul Scherrer Institute (CH) si è proseguito lo studio di strutture plasmoniche ottenute con il processo di fabbricazione basato sulla Diffraction Talbot Lithography. In particolare si è concentrata l'attenzione su due problematiche.

- Da un lato sono state verificate le prestazioni delle nuove metastrutture in termini di sensibilità. Sono stati comparati i risultati ottenuti nella rilevazione dell'albendazolo con quelli ottenuti nell'ambito del progetto europeo h-ALO (appena concluso) sulla medesima molecola, osservando un miglioramento di circa un ordine di grandezza. Parimenti, presso la clinica Maugeri di Pavia, è stato avviato il confronto delle prestazioni di vecchie e nuove superfici per la detezione di vescicole extracellulari di interesse per la detezione del tumore al seno ottenendo promettenti risultati.

- L'altro ambito di studio ha riguardato la preparazione e caratterizzazione ottica di metasuperfici plasmoniche chirali. Nella fattispecie è stata introdotta una rottura di simmetria nella struttura creando dei fori ellittici disallineati rispetto agli assi reticolari. Misure ottiche in luce polarizzata e sviluppate sia in riflessione che in trasmissione hanno permesso di verificare un chiarissimo effetto dicroico presente anche a incidenza normale.

Prosegue intanto la collaborazione con BioSense Institute in Serbia, VTT Technical Research Centre of Finland e l'Universidad Autonoma de Madrid per lo sviluppo di un sistema di detezione di aflatossine nei cereali basato sull'uso di Bloch Surface Waves.

D. Studio Raman e SERS di micro- e nano-strutture

L'attività di ricerca si è sviluppata su due differenti direttrici:

- a. E' continuato lo studio e lo sviluppo di substrati SERS metallici funzionalizzati per la rivelazione di micro e nanoplastiche e altri inquinanti emergenti delle acque. In particolare sono stati studiati substrati SERS ricoperti con differenti spessori, comunque nanometrici, di polidopamina (PDA). Sono stati utilizzati come Raman reporter alcune molecole coloranti, il blu di metilene, la malachite green e la rodamina. Le risposte SERS sono state studiate anche al variare delle nanoparticelle (Au e/o Ag). In particolare per il blu di metilene, inquinante delle acque a causa del suo utilizzo nella itticoltura, è stata verificata una buona risposta SERS fino a 10^{-8} M.

- b. E' continuato lo studio di ossidi funzionali. In particolare sono proseguite le ricerche sui materiali a struttura perovskitica e su materiali complessi cioè fosfati con struttura dell'olivina e con coating di carbonio molto interessanti come anodi/catodi per batterie allo stato solido. Inoltre grazie alla collaborazione con K. Bartosiewicz della Kazimierz Wielki University in Bydgoszcz (PL) parte del lavoro ha riguardato lo studio tramite spettroscopia Raman e fotoluminescenza degli effetti strutturali dovuti all'introduzione di droganti (ioni Pr^{3+} e La^{3+}) sostitutivi di Lu^{3+} nel cristallo singolo $\text{Lu}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$ (LuAG), materiale di interesse come detector di radiazioni ionizzanti. Ingegnerizzando il rapporto tra i raggi ionici dei cationi RE e M, è stata ottenuta una fase monocristallina stabilizzata dall'entropia configurazionale. La spettroscopia micro-Raman ha fornito importanti informazioni che insieme ad analisi EDS e misure di termoluminescenza hanno rivelato il meccanismo con cui il mismatch delle dimensioni atomiche guida una transizione graduale dalla fase di granato a quella di perovskite nei granati ad alta entropia.

DIPARTIMENTO DI CHIMICA

A. Elettrochimica e energetica (ref. E. Quartarone)

Nel corso del 2024 il gruppo di Elettrochimica ed energetica della Sezione di Chimica fisica si è occupato delle seguenti linee di ricerca:

- 1) studi teorici e sperimentali di nuovi materiali catodici per batterie al litio a base di multimetallo di transizione;
- 2) messa a punto di protocolli di chimica verde per il recupero delle materie critiche primarie da batterie a litio a fine vita.

B. Materiali Avanzati per Clean Energy (ref. L. Malavasi)

Nel corso del 2024 il gruppo di Chimica dei materiali della Sezione di Chimica Fisica si è occupato, tra gli altri argomenti di:

- 1) sintesi e caratterizzazione di *metal halide perovskites* (MHP) per applicazioni fotocatalitiche. In particolare, sono state progettate e sintetizzate nuove fasi di perovskiti 2D prive di piombo (contenenti stagno) con l'obiettivo di creare delle eterogiunzioni con altri semiconduttori fotoattivi noti (tipicamente g-C₃N₄) al fine di migliorare le prestazioni di questi ultimi rispetto allo sviluppo di idrogeno e, per la prima volta, anche per la fotogenerazione di ammoniaca da azoto. Inoltre, si è indagato in collaborazione con un gruppo di chimica computazionale, il meccanismo di reazione della produzione fotocatalitica di azoto in sistemi a base di Sn. Si è poi lavorato sull'ottimizzazione di forme polimorfe del nitrato di carbonio per ottimizzare la produzione di idrogeno.
- 2) Sintesi di nuove perovskiti contenenti cationi chirali per creare detector ed emettitori di luce polarizzata. In questo caso si sono indagate diverse perovskiti 2D contenenti cationi chirali che hanno effettivamente mostrato una risposta chirottica e una modulazione delle proprietà fotofisiche al variare della natura del metallo centrale.

I risultati dell'attività per queste linee di ricerca sono riportati in tre pubblicazioni su riviste internazionali con revisori.

C. Nanochimica per le tecnologie e le applicazioni biomediche

Le ricerche condotte dal gruppo di nanochimica della sezione di Chimica Generale (P. Pallavicini, A. Taglietti, G. Dacarro, Y. A. Diaz Fernandez, Laboratorio In-Lab) nell'anno 2024 hanno riguardato queste tematiche:

- i) studio del coating proteico (protein corona) di NP di argento e di blu di Prussia, per studi di stabilità in matrice biologiche e di rilevanza ambientale, corredato allo studio dei meccanismi di degradazione delle medesime NP in diverse condizioni sperimentali che simulano ambienti fisiologico e acque naturali
- ii) film formati da polimeri (e loro miscele) da fonti naturali o comunque biodegradabili (policaprolattone, derivati della cellulosa), con incorporati materiali micro, ma non nano (copper powders, cationi assorbiti in zeoliti e montomorilloniti), capaci di rilasciare ioni con azione antimicrobica (Cu²⁺, Ag⁺) nell'ottica di ottenere uno smart packaging per alimenti e materiali sprayabili o che si possano facilmente depositare su superfici di uso comune (maniglie, sostegni nei mezzi pubblici etc) per limitare la diffusione di infezioni microbiche per contatto

iii) ottimizzazione di metodi di sintesi di particelle plasmoniche e catalitiche, con particolare enfasi nel sensing di idrogeno, utilizzando un approccio multivariato e tecniche di caratterizzazione avanzate, quali Multi-angle Dynamic Light Scattering e EM-EDX.

iv) sviluppo di nuove tecniche di separazione e analisi di nanoparticelle inorganiche e di liposomi per applicazioni biomediche, con particolare interesse nella determinazione delle dimensioni e della concentrazione di particelle in matrici biologiche complesse.

vi) sviluppo di superfici antibatteriche fototermiche basate sull'uso di nanomateriali inorganici (blu di Prussia, argento, oro, ecc.). I materiali fototermici possono essere utilizzati da soli o in combinazione con agenti antibatterici classici (ioni metallici, antibiotici, fotosensitizzatori), sfruttando diverse strategie di funzionalizzazione basate su un approccio layer-by-layer. Queste attività sono svolte in collaborazione con il dipartimento di Scienze del farmaco UniPV.

vii) sintesi, caratterizzazione e studi in vitro di nanoparticelle di blu di Prussia stabilizzate con biopolimeri (ad es. pectina) e caricate con farmaci antitumorali. Il blu di Prussia è un materiale fototermico attivabile nella finestra biotrasparente, che può essere caricato con farmaci per abbinare terapia fototermica e chemioterapia contro diversi tipi di cellule tumorali. Sono attualmente in corso di svolgimento studi su cellule di tumore al seno, in collaborazione con il Dipartimento di Medicina Molecolare.

viii) Disegno e fabbricazione di materiali plasmonici per Surface Enhanced Raman Spectroscopy (SERS), sfruttando particelle colloidali plasmoniche opportunamente funzionalizzate e/o caricate via self-assembly di su substrati opportuni. Questi sistemi hanno l'obiettivo di aumentare la sensibilità del segnale Raman per la rilevazione di analiti d'interesse. Questa attività avviene in collaborazione con il Dipartimento di Fisica UniPV.

ix) Studio dei processi di assorbimento di fluorochinoloni di interesse ambientale su minerali assorbenti per la pre-concentrazione di inquinanti emergenti e la purificazione delle acque. Questo progetto si sviluppa in collaborazione con la Sezione di Chimica Analitica UniPV. Queste attività sono state potenziate da diversi progetti di ricerca in corso durante il 2024, che coinvolgono il nostro team, fra cui: Progetto PNRR INF-ACT (resp. Taglietti) sul tema "malattie infettive emergenti" nel quale il nostro team contribuisce con lo sviluppo di superficie antimicrobiche; Progetto EURAMET "METRiNO" (resp. Diaz-Fernandez) focalizzato nella standardizzazione di nuovi metodi per investigare nanoparticelle ad uso terapeutico, progetto PNRR CN3 (resp. Pallavicini) per lo sviluppo di terapia genica e farmaci con tecnologia a RNA con un contributo centrato nelle tecniche di caratterizzazione chimica; Progetto PRIN2022 Sapere (resp. Diaz-Fernandez) proponendo nuove strategie per la sintesi di nanomateriali plasmonici e per la catalisi.

Durante il 2024 abbiamo consolidato la collaborazione internazionale, attraverso la continuazione di un progetto di dottorato in co-tutela col CIMA (Center for Applied Medical Research) dell'Università di Navarra (resp. Diaz-Fernandez), un soggiorno di ricerca dottorale presso l'Università di Cantabria (resp. Taglietti), una tesi magistrale in co-tutela con un gruppo di ricerca dell'Università di Cantabria (resp. Diaz-Fernandez), e una borsa CICOPS in collaborazione con l'Università di La Plata (resp. Dacarro).

Nel 2025 tutte queste linee di ricerca saranno continuate e sviluppate, soprattutto nell'ottica di ottenere materiali di facile trasferimento tecnologico.

DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA INDUSTRIALE E DELL' INFORMAZIONE

Nel corso dell'anno 2024, nell'ambito dell'attività di ricerca nella microscopia non lineare, si è perfezionato l'utilizzo di specchi con profilo di riflettività gaussiano per la sagomatura del fascio incidente sul campione.

Le incoraggianti previsioni teoriche sono state confermate all'atto dell'implementazione nell'apparato sperimentale. Le perdite di potenza risultano minimizzate e l'omogenea distribuzione di intensità del fascio permette di ottenere un'elevata risoluzione grazie all'assenza di problemi di saturazione nell'emissione di fluorescenza nonlineare.

E' inoltre proseguita la collaborazione col Dipartimento di Medicina Molecolare nella caratterizzazione lineare e non lineare di molecole da utilizzarsi come fotosensibilizzanti per terapia fotodinamica e fluorofori per microscopia.

Nell'ambito del Progetto europeo Actphast, sono state realizzate e caratterizzare guide d'onde in tecnologia "Lithium Niobate on Insulator" a larga area efficace, appositamente progettate per la generazione di radiazione nel medio infrarosso accordabile in frequenza nella finestra spettrale da 3 a 5 μm . Tale banda in frequenza, detta finestra atmosferica, è molto importante per la rivelazione di inquinanti nell'atmosfera tramite spettroscopiche. I risultati ottenuti hanno permesso di dimostrare emissione nel MIR con una potenza dell'ordine del mW e un'accordabilità in frequenza di circa 400 nm. Questo risultato è stato ottenuto anche grazie alla progettazione e realizzazione di una sorgente in fibra ottica di pompa accordabile nella regione del vicino infrarosso.

L'attività nell'ambito della fotonica integrata svolta nell'ambito del 2024 è stata legata alla collaborazione con ORC Southampton (UK) e con il centro di sviluppo tecnologico CEITEC. In particolare, in collaborazione con il centro CEITEC, è stata sviluppata la tecnologia necessaria a produrre circuiti fotonici in silicio amorfo su diversi substrati, tra cui materiali magneto ottici. In seguito alla collaborazione con ORC Southampton, sono stati fabbricati e caratterizzati sperimentalmente "grating couplers" ad alta efficienza per l'accoppiamento della luce, nella banda C delle telecomunicazioni (1530 – 1565 nm), con guide d'onda ottiche integrate in "thin-film Silicon Nitride on-insulator". In particolare, i risultati ottenuti sperimentalmente rappresentano l'attuale record in termini di efficienza di accoppiamento per questa piattaforma ottica integrata. In aggiunta, l'attività di ricerca ha riguardato lo studio e la simulazione di effetti ottici non-lineari in strutture guidanti integrate, mediante l'utilizzo di modi spaziali multipli; in questo contesto sono stati realizzati design di dispositivi fotonici in grado di generare radiazione laser nelle lunghezze d'onda del medio infrarosso, partendo da sorgenti nella banda delle comunicazioni ottiche.

Nell'ambito della Biofotonica sono state svolte numerose attività in collaborazione con altri dipartimenti dell'ateneo, volte a studiare la possibilità di realizzare specifici trattamenti medici coadiuvati dall'irraggiamento con radiazione nel visibile. In particolare, l'attività ha riguardato l'analisi di sistemi basati su nanoparticelle di Blu di Prussia per il trattamento di infezioni batteriche antibiotico resistenti, e nanoparticelle d'oro per il trattamento di lesioni endometriotiche. In questo ambito è inoltre continuata la collaborazione, finanziata nell'ambito del progetto PRIN-PNRR BioPhET con il Politecnico di Torino, per lo sviluppo di componenti ottici in vetro bio-riassorbibile. Durante il 2024 sono state anche realizzate le prime misure di Optical Coherence Tomography, e un setup innovativo per la realizzazione di queste misure è ora in fase di testing e ottimizzazione.

Prosegue inoltre la collaborazione col Wellman Center for Biophotonics di Boston (Ma, USA).

DIPARTIMENTO DI SCIENZE DEL FARMACO

L'interdisciplinarietà connota l'attività di ricerca che si svolge presso il Dipartimento di Scienze del Farmaco, coinvolgendo sia gruppi di ricerca afferenti ad SSD presenti nel Dipartimento, in particolare CHIM, BIO e MED, sia gruppi di ricerca afferenti ad altri Dipartimenti (Chimica e Fisica) dell'Ateneo nonché gli IRCCS ed enti di assistenza e cura del territorio.

Per il futuro verranno rafforzate ed aumentate le suddette collaborazioni, rivolte alla realizzazione e caratterizzazione di materiali e dispositivi innovativi, con particolare riferimento a: Biomateriali, Materiali per nanomedicina, Micro- e nano-materiali funzionali.

In tali ambiti si inserisce l'attività di ricerca attinente alle finalità del MADE svolta nel 2024 presso il Dipartimento; nello specifico essa ha riguardato le seguenti tematiche:

1. sistemi mucoadesivi e termogelificabili a base di biopolimeri per il rilascio di farmaci o di emoderivati per la riparazione tissutale;
2. nano- e micro-sistemi per il rilascio di farmaci e per applicazioni in ambito biomedico;
3. allestimento e caratterizzazione di scaffolds per la medicina rigenerativa;
4. allestimento e/o impiego di "smart excipients" per applicazioni in ambito biomedico.

Le pubblicazioni relative alle suddette tematiche sono indicate nel seguito.

DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE E ARCHITETTURA

Di seguito si riporta la descrizione delle attività nei campi di ricerca d'interesse, specificando le collaborazioni; le relative pubblicazioni 2024 sono riportate in allegato.

Bioprinting – BioP (M. Conti, S. Marconi, F. Auricchio, Comp-Mech Group)

L'attività consiste nella stampa 3D di idrogel all'interno dei quali sono incorporate componenti biologiche (e.g. cellule, proteine, geni e farmaci), al fine di realizzare modelli 3D da applicare nell'ambito biologico-biotecnologico, medicina rigenerativa, ingegneria tissutale. Di seguito si elencano le attività di BioP in corso. Realizzazione di strutture 3D cellulari per modellizzare la fisiologia della fibra muscolare (*collab. G. Cusella, UniPV*) e del tessuto osseo (*collab. IRCCS San Matteo, PV*). Realizzazione di biosensori contenenti batteri ingegnerizzati viventi per applicazioni in ambito clinico e ambientale (*collab. L. Pasotti, UniPV*). Sviluppo di un modello 3D di rigenerazione cutanea su modello animale di sanguisuga come applicazione della biostampa in-situ (*collab. M. Monici, ASA campus - UniFI*). Co-stampa di strutture ibride costituite da materiali termoplastici e idrogel per realizzare sistemi di rilascio controllati nel tempo (*collab. M. Torre, UniPV*). Realizzazione di modelli 3D per lo studio in vitro dell'osteosarcoma (*collab. C. Ferrari, F. Riva UniPV*) e di giunzione neuromuscolare per studiare malattie neurodegenerative (*collab. C. Cereda, IRCCS*

Mondino, PV). Formulazione di bioink a base di matrice decellularizzata di fegato per realizzare una piattaforma da usare come drug screening per patologie epatiche (*collab. M. Torre, UniPV e IRCCS San Matteo, PV*). Caratterizzazione di idrogel a base di gelatina per l'analisi delle proprietà meccaniche (*collab. IRCC Centro Cardiologico Monzino, MI*) e delle performance di stampa (*L. Russo, Università Milano Bicocca, MI*). Produzione di dati sperimentali per modellizzare, tramite tecniche computazionali, i processi legati all'ambito del BioP (*Collab. M. Marino, Università Roma Tor Vergata*) e sviluppo di materiali polimerici 3D innovativi (polyHIPE - l'High Internal Phase Emulsion) da utilizzare come *drug delivery system* e come scaffold per colture cellulari (*collab. G. Massolini, UniPV*). Dalle attività derivanti da quest'ultima collaborazione è stata costituita una start-up innovativa, P4P s.r.l., a oggi accreditata ufficialmente come spin-off dell'Università di Pavia.

Sviluppo e modellazione di metamateriali per applicazioni acustiche (F. Auricchio, Comp-Mech Group).

Questa attività ha l'obiettivo di proporre metamateriali (*Collab. S. Morganti, D. D'Aprile, UniPV*) ottenuti replicando nello spazio celle elementari opportunamente progettate in modo che abbiano determinate proprietà acustiche e, in particolare, che siano in grado di filtrare specifici intervalli di frequenze (*Collab. A. Bacigalupo, UniGE; D. Misseroni, UniTN*).

L'attività prevede anche lo sviluppo e l'analisi di modelli computazionali dei metamateriali proposti, in modo da caratterizzarne numericamente le proprietà acustiche.

Trattamenti avanzati di minimizzazione dei fanghi biologici di depurazione e utilizzo di materiali di recupero innovativi (M.C. Collivignarelli, TEC_{2.0} Lab).

La gestione dei **Fanghi** rappresenta una sfida cruciale per i moderni sistemi di trattamento delle acque reflue, specialmente considerando il crescente aumento della produzione di fanghi dovuto a processi biologici con performance sempre più elevate. Il luogo in cui i fanghi vengono prodotti svolge un ruolo fondamentale nell'individuazione di strategie efficienti per ridurre al minimo il loro impatto ambientale. Le tecniche di minimizzazione hanno quindi guadagnato un'importanza strategica, con l'obiettivo di trattare i fanghi alla radice del problema, riducendo il volume e migliorando la qualità del materiale residuo. Nel 2024, particolare attenzione è stata dedicata all'implementazione di una tecnica biologica preventiva innovativa, orientata alla minimizzazione dei fanghi prodotti nel trattamento di matrici organiche altamente concentrate. Questa tecnica preventiva mira a ridurre significativamente la produzione di fanghi direttamente in linea acque, con un approccio sostenibile che enfatizza la riduzione alla fonte e il miglioramento del bilancio organico complessivo (*collab. AsMortara S.p.A., AsMia S.r.l., Idroclean S.r.l.*).

Un ulteriore passo verso una gestione circolare dei residui ha visto l'introduzione di materiali innovativi, quali l'impiego del **Biochar** derivante da residui agricoli utilizzato come carbone attivo per il riutilizzo diretto in agricoltura dell'acqua reflua depurata. Si è anche studiato l'utilizzo del biochar direttamente in agricoltura grazie alle sue proprietà chimiche e fisiche che migliorano la qualità del suolo (*collab. Dipartimento di Chimica-Fisica, Prof Chiara*

Milanese).

L'approccio integrato, che combina un'efficace gestione dei fanghi con l'utilizzo di materiali di recupero, rappresenta un modello all'avanguardia nella transizione verso un futuro più sostenibile.

Modelli costitutivi per polimeri a memoria di forma (F. Auricchio, S. Marconi, Comp-Mech Group)

Questa attività ha l'obiettivo di proporre modelli costitutivi che descrivano il comportamento di polimeri a memoria di forma attivati tramite stimolo termico, di grande interesse soprattutto in ambito biomedicale, robotico e sensoristico. Si prevede l'implementazione di questi modelli in un software di simulazione multifisica al fine di valutare gli effetti di un riscaldamento localizzato e circoscritto sul materiale, per ottenere comportamenti complessi. La parte simulativa sarà affiancata anche da una campagna sperimentale per validare quanto proposto.

Pavia, 25 Marzo 2025

Allegato. Pubblicazioni 2024 dei principali gruppi di ricerca referenti MADE nei Dipartimenti

DIPARTIMENTO di FISICA

Optical properties of Materials

M. Patrini and G. Guizzetti

Encyclopedia of Condensed Matter Physics, 2e, vol. 5, pp. 150-166 (2024).

Smart Electrospun Nanofibers from Short Peptidomimetics Based on Pyrrolo-pyrazole Scaffold

E. Chiesa, F. Clerici, R. Bucci, F. Anastasi, M. Bottiglieri, M. Patrini, I. Genta, A. M. Bittner, M. L. Gelmi

Biomacromolecules, 25, 2378 (2024).

Affinity Capillary Electrophoresis as a Tool to Characterize Molecularly Imprinted Nanogels in Solution

C. Contardi, D. Rubes, M. Serra, R. Dorati, M. Dattilo, L. Mavliutova, M. Patrini, R. Guglielmann, B. Sellergren, E. De Lorenzi

Analytical Chemistry 96, 7, 3017–3024 (2024).

Stretchable Distributed Bragg Reflectors as Strain-Responsive Mechanochromic Sensors

M. Martusciello, A. Lanfranchi, M. Castellano, M. Patrini, P. Lova, D. Comoretto

ACS Applied Materials and Interfaces 16, 51384 (2024).

Minimizing the Cobalt Content in Black Ceramic Pigments by Design of Experiments

M. Guerrini, L.R. Magnaghi, M. Fracchia, M.P. Riccardi, G. Pignoni, G. Debbi, M. Patrini, R. Biesuz, S.C. Tarantino, U. Anselmi Tamburini, P. Ghigna

Ceramics International 50, 51181 (2024).

Enhanced photoluminescence of organic dyes embedded in sol-gel organosilane thin films

Floris F., Figus C., Quochi, F., Marabelli F.,

Optical Materials 156, 115912 (2024)

Fluorescence emission angular dependence on a nanostructured plasmonic grating

Angelini M., Manobianco E., Pellacani P., Floris F., Marabelli F.,

Applied Research 3(5), e202300090 (2024)

Angle-Resolved Fluorescence of a Dye Coupled to a Plasmonic Nanohole Array

Floris F., Angelini M., Manobianco E., Tolardo V., Marabelli F.,

Applied Sciences 14(9), 3574 (2024)

Design of an optical sensor based on organic optoelectronics and nanoplasmonics for multiplex and multimodal detection

Benvenuti E., Moschetto S., Angelini M., Prosa M., Toffanin S.,

Organic Electronics 128, 107023 (2024)

Nanofabrication Process Scale-Up via Displacement Talbot Lithography of a Plasmonic Metasurface for Sensing Applications

Pellacani P., Jefimovs K., Angelini M., Kazazis D., Floris F.,

Optics 5(1), pp. 165–175 (2024)

Angle-Resolved Optical Characterization of a Plasmonic Triangular Array of Elliptical Holes in a Gold Layer

Angelini M., Jefimovs K., Pellacani P., Marabelli F., Floris F.,
Optics 5(1), pp. 195–206 (2024)

Convergence and Performance Analysis of a Particle Swarm Optimization Algorithm for Optical Tuning of Gold Nanohole Arrays

Angelini M., Zagaglia L., Marabelli F., Floris F.,
Materials 17(4), 807 (2024)

Parmigiani, M; Albini, B; Galinetto, P; Taglietti, A,
Dual-Mode Sensing of Fe(III) Based on Etching Induced Modulation of Localized Surface Plasmon Resonance and Surface Enhanced Raman Spectroscopy
Nanomaterials, 2024, 14, 18, 1467, 10.3390/nano14181467

Bartosiewicz, K; Tomala, R; Szymanski, D; Albini, B; Zeler, J; Yoshino, M; Horiai, T; Socha, P; Kurosawa, S; Kamada, K; Galinetto, P; Zych, E; Yoshikawa, A,
Micro-Inclusion Engineering via Sc Incompatibility for Luminescence and Photoconversion Control in Ce³⁺-Doped Tb₃Al₅-xSc_xO₁₂ Garnet
Materials 2024, 17, 11, 2762, 10.3390/ma17112762,

Parmigiani, M; Schifano, V; Taglietti, A; Galinetto, P; Albini, B,
Increasing gold nanostars SERS response with silver shells: a surface-based seed-growth approach
Nanotechnology 2024, 35, 19, 195603, 10.1088/1361-6528/ad25c9

Ambrosetti, M; Quinzeni, I; Girella, A; Berbenni, V; Albini, B; Galinetto, P; Sturini, M; Bini, M,
Pure and (Sn or Mg) Doped GeFe₂O₄ as Anodes for Sodium-Ion Batteries
Batteries 2024, 10, 4, 134, 10.3390/batteries10040134

Conti, DM; Urru, C; Bruni, G; Galinetto, P; Albini, B; Milanese, C; Pisani, S; Berbenni, V; Capsoni, D,
Design of Na₃MnZr(PO₄)₃/Carbon Nanofiber Free-Standing Cathodes for Sodium-Ion Batteries with Enhanced Electrochemical Performances through Different Electrospinning Approaches
Molecules 2024, 29, 8, 1885, 10.3390/molecules29081885

Bartosiewicz, K; Albini, B; Szymanski, D; Socha, P; Horiai, T; Yoshino, M; Yamaji, A; Kurosawa, S; Kucerkova, R; Galinetto, P; Yoshikawa, A,
Engineering atomic size mismatch in Pr³⁺, La³⁺ codoped Lu₃Al₅O₁₂ garnet single crystals for tailored structure and functional properties
Journal of alloys and compounds 2024, 985, 174078, 10.1016/j.jallcom.2024.174078

DIPARTIMENTO di CHIMICA

D. Callegari, M. Canini, S. Davino, M. Coduri, P. Mustarelli, E. Quartarone
Chitosan-Decorated Alumina Hybrid Nanoparticles as Smart Scavengers of HF and Dissolved Transition Metals in Lithium-Ion Batteries
Advanced Functional Materials 34, 2406315 (2024)

C. Rosa, M. Ravalli, N. Pianta, P. Mustarelli, C. Ferrara, E. Quartarone, L. Malavasi, D. Sheptyakov, C. Tealdi
Aliovalent Substitution in Li₃InCl₆: A Combined Experimental and Computational Investigation of Structure and Ion Diffusion in Lithium-Halide Solid State Electrolytes
ACS Applied Energy Materials 7, 4314–4323 (2024)

Bartoli, M Piovano, A Elia, GA Meligrana, G Pedraza, R Pianta, N Tealdi, C Pagot, G Negro, E Triolo, C Gomez, LV Comisso, N Tagliaferro, A Santangelo, S Quartarone, E Di Noto, V

Mustarelli, P Ruffo, R Gerbaldi, C
Pristine and engineered biochar as Na-ion batteries anode material: A comprehensive overview
Renewable and Sustainable Energy Reviews 194, 114304 (2024).

C. Coccia, M. Moroni, A. Treglia, M. Boiocchi, Y. Yang, C. Milanese, M. Morana, D. Capsoni, A. Porta, A. Petrozza, A. Stroppa, L. Malavasi*
Unraveling the Role of Structural Topology on Chirality Transfer and Chiroptical Properties in Chiral Germanium Iodides
J. Am. Chem. Soc. (2024) 146, 24377.

C. Coccia, M. Morana, A. Mahata, W. Kaiser, F. De Angelis, E. Mosconi, M. Moroni, G. Folpini, A. Petrozza, C. Milanese, B. Albini, P. Galinetto, L. Malavasi*
Ligand-Induced Chirality in Cl-MBA₂SnI₄ 2D Perovskite
Angew. Chem. Int. Ed. (2024) 63, e202318557.

C. Tedesco, L. Gregori, A. Simbula, F. Pitzalis, A. Speltini, F. Merlo, S. Colella, A. Listorti, E. Mosconi, A. A. Alothman, W. Kaiser, M. Saba, A. Profumo, F. De Angelis, L. Malavasi,
Reaction Mechanism of Hydrogen Generation and Nitrogen Fixation at Carbon Nitride/Double Perovskite Heterojunctions
Adv. Energy Sustainability Res. (2024) 2400040.

Colombi, C.; Dacarro, G.; Diaz Fernandez, Y.A.; Taglietti, A.; Pallavicini, P.; Doveri, L.
Human Serum Albumin Protein Corona in Prussian Blue Nanoparticles
Nanomaterials 2024, 14, 1336.

Pallavicini, P.; Colombi, C.; Baccini, C.; Gatti, B.; D'Alfonso, L.; Dacarro, G.; Cattani, S.; Diaz Fernandez, Y. A.; Doveri, L.; Milanese, C.; Secchi, A.
Thiolated Cyanines Appended to Partially Pegylated Gold Nanoparticles for Fluorescence Quenching of Two-Channel Photothermal Inks
Chemistry A European Journal 2024, Volume30, Issue50, e202400777

Doveri, L.; Diaz Fernandez, Y. A.; Dacarro, G.
Nanomaterials for Photothermal Antimicrobial Surfaces
ACS Omega 2024, 9, 24, 25575–25590

Parmigiani, M.; Schifano, V.; Taglietti, A.; Galinetto, P.; Albini, B.
Increasing gold nanostars SERS response with silver shells: a surface-based seed-growth approach
Nanotechnology 2024, 35 195603

Parmigiani, M.; Albini, B.; Galinetto, P.; Taglietti, A.
Dual-Mode Sensing of Fe(III) Based on Etching Induced Modulation of Localized Surface Plasmon Resonance and Surface Enhanced Raman Spectroscopy
Nanomaterials 2024, 14, 1467

Schiavi, S.; Taglietti, A.; Magni, A.; Galinetto, P.; Albini, B.
Increasing SERS performance of silver nanoparticles with nanometric coating of polydopamine: A novel approach for methylene blue detection
Applied Surface Science 2025, Volume 687, 162223

Brevetto: Film for food preservation, EU Patent EP4457271A1,
Inventors: Piersandro Pallavicini, Lavinia Rita DOVERI
Patent Status: Published 2024-11-06

DIPARTIMENTO di INGEGNERIA INDUSTRIALE E DELL'INFORMAZIONE

Hu, Y., Minzioni, P., Hui, J., Yun, S. H., & Yetisen, A. K.

Fiber Optic Devices for Diagnostics and Therapy in Photomedicine

Advanced Optical Materials, 12(22), 2400478, 2024.

Andrini, G., Amanti, F., Armani, F., Bellani, V., Bonaiuto, V., Cammarata, S., ... & Vitali, V. .

Solid-state color centers for single-photon generation

Photonics, Vol. 11, p. 188, 2024.

Amanti, F., Andrini, G., Armani, F., Barbato, F., Bellani, V., Bonaiuto, V., ... & Vitali, V.

Integrated photonic passive building blocks on silicon-on-insulator platform

Photonics, Vol. 11, No. 6, p. 494, 2024.

Prete, D., Amanti, F., Andrini, G., Armani, F., Bellani, V., Bonaiuto, V., ... & Vitali, V.

Hybrid Integrated Silicon Photonics Based on Nanomaterials

Photonics, Vol. 11, No. 5, p. 418, 2024.

Vitali, V., Bucio, T. D., Liu, H., González, J. M. L., Jurado-Romero, F., Ortega-Moñux, A., ... & Petropoulos, P.

Fully integrated and broadband Si-rich silicon nitride wavelength converter based on Bragg scattering intermodal four-wave mixing

Photonics Research, 12(3), A1-A10, 2024.

Brugnoni, A., Bottrill, K., Vitali, V., Kaplan, A. E., Re, M., Lacava, C., ... & Cristiani, I.

Flexible generation of optically-carried sub-THz beat notes stabilised through an Integrated SiN Frequency Locker.

IEEE Photonics Technology Letters, 36, 1049-1052, 2024.

Brugnoni, A., Kaplan, A. E., Vitali, V., Bottrill, K., Re, M., Petropoulos, P., ... & Cristiani, I.

Frequency stabilization of C-band semiconductor lasers through a SiN photonic integrated circuit

Photonics Research, 12(8), 1619-1626, 2024.

Vitali, V., Bottrill, K. R., Bucio, T. D., Liu, H., González, J. M. L., Ortega-Moñux, A., ... & Petropoulos, P.

L-to U-band wavelength conversion of QPSK signals using intermodal four-wave mixing

IEEE Photonics Technology Letters, 36 (16), 1009-1012, 2024.

DIPARTIMENTO di SCIENZE del FARMACO

Friuli V., Maggi L., Bruni G., Caso F., Bini M.

Hydroxyapatite Nanorods Based Drug Delivery Systems for Bumetanide and Meloxicam, Poorly Water Soluble Active Principles

(2024) *Nanomaterials*, 14 (1), art. no. 113, DOI: 10.3390/nano14010113

Chiesa E., Caimi A., Bellotti M., Giglio A., Conti B., Dorati R., Auricchio F., Genta I.

Effect of Micromixer Design on Lipid Nanocarriers Manufacturing for the Delivery of Proteins and Nucleic Acids

(2024) *Pharmaceutics*, 16 (4), art. no. 507, DOI: 10.3390/pharmaceutics16040507

Bellotti M., Chiesa E., Conti B., Genta I., Conti M., Auricchio F., Caimi A.

Computational-Aided Approach for the Optimization of Microfluidic-Based Nanoparticles Manufacturing Process

(2024) *Annals of Biomedical Engineering*, 52 (12), pp.3240-3252, DOI: 10.1007/s10439-024-03590-1

Pisani S., Evangelista A., Chesi L., Croce S., Avanzini M.A., Dorati R., Genta I., Benazzo M., Comoli P., Conti B.

Nanofibrous Scaffolds' Ability to Induce Mesenchymal Stem Cell Differentiation for Soft Tissue Regenerative Applications

(2025) *Pharmaceuticals*, 18 (2), art. no. 239, DOI: 10.3390/ph18020239

Pisani S., Piazza A., Dorati R., Genta I., Rosalia M., Chiesa E., Bruni G., Migliavacca R., Conti B.
Investigating electrospun shape memory patches as Gentamicin drug delivery system

(2025) *International Journal of Pharmaceutics*, 673, no. 125393, DOI: 10.1016/j.ijpharm.2025.125393

Chiesa E., Anastasi F., Clerici F., Lumina E.M., Genta I., Pellegrino S., Gelmi M.L.

Stereochemical Behavior of Pyrrolo-Pyrazole Peptidomimetics Promoting Phase-Selective Supramolecular Organogels

(2024) *Gels*, 10 (4), art. no. 263, DOI: 10.3390/gels10040263

Chiesa E., Clerici F., Bucci R., Anastasi F., Bottiglieri M., Patrini M., Genta I., Bittner A.M., Gelmi M.L.

Smart Electrospun Nanofibers from Short Peptidomimetics Based on Pyrrolo-pyrazole Scaffold

(2024) *Biomacromolecules*, 25 (4), pp. 2378 – 2389, DOI: 10.1021/acs.biomac.3c01310

Gul M., Fontana-Escartín A., Arnau M., Sans J., Lanzalaco S., Armelin E., Chiesa E., Genta I., Pérez-Madrigal M.M., Alemán C.

From Dielectric to Electro-Responsive Thermoplastics: An Approach Based on Electro-Thermal Reorientation and Charged Gas Activation

(2024) *ACS Applied Polymer Materials*, 6 (24), pp. 15070 – 15081, DOI: 10.1021/acsapm.4c02610

Contardi C., Mavliutova L., Serra M., Rubes D., Dorati R., Vistoli G., Macorano A., Sellergren B., De Lorenzi E.

Rational Design of Highly Selective Sialyllactose-Imprinted Nanogels

(2024) *Chemistry - A European Journal*, 30 (45), no. e202401232, DOI: 10.1002/chem.202401232

Cama E.S., Catenacci L., Perteghella S., Sorrenti M., Caira M.R., Rassu G., Gavini E., Giunchedi P., Bonferoni M.C.

Design and development of a chitosan-based nasal powder of dimethyl fumarate-cyclodextrin binary systems aimed at nose-to-brain administration. A stability study

(2024) *International Journal of Pharmaceutics*, 659, art. 124216, DOI: 10.1016/j.ijpharm.2024.124216

Catenacci L., Rossi R., Sechi F., Buonocore D., Sorrenti M., Perteghella S., Peviani M., Bonferoni M.C.

Effect of Lipid Nanoparticle Physico-Chemical Properties and Composition on Their Interaction with the Immune System

(2024) *Pharmaceutics*, 16 (12), art. no. 1521, DOI: 10.3390/pharmaceutics16121521

Miele D., Catenacci L., Sorrenti M., Perteghella S., Filiberti S., Mandracchia D., Ronca R., Bonferoni M.C.

Collagen/PCL electrospun fibers loaded with polyphenols: Curcumin and resveratrol comparison

(2024) *International Journal of Biological Macromolecules*, 279, art. no. 135333, DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2024.135333

Ruggeri M., Nomicisio C., Taviot-Guého C., Vigani B., Boselli C., Grisoli P., Icaro Cornaglia A., Bianchi E., Viseras C., Rossi S., Sandri G.

Smart copper-doped clays in biomimetic microparticles for wound healing and infection control

(2024) *Materials Today Bio*, 29, art. no. 101292, DOI: 10.1016/j.mtbio.2024.101292

Martínez Rodríguez T., Valentino C., Rodríguez Pozo F.R., Hernández Benavides P., Arrebola Vargas F., Paredes J.M., Sainz-Díaz C.I., Iglesias G.R., Rossi S., Sandri G., Medina Pérez M.D.M., Aguzzi C. Formulative Study and Characterization of Novel Biomaterials Based on Chitosan/Hydrolyzed Collagen Films

(2024) Journal of Functional Biomaterials, 15 (3), art. no. 69, DOI: 10.3390/jfb15030069

Ruggeri M., Miele D., Calìogna L., Bianchi E., Jepsen J.M., Vigani B., Rossi S., Sandri G. Hydroxyapatite-Coated Ti6Al4V ELI Alloy: In Vitro Cell Adhesion

(2024) Nanomaterials, 14 (14), art. 1181, DOI: 10.3390/nano14141181

Vigani B., Ianev D., Adami M., Valentino C., Ruggeri M., Boselli C., Icaro Cornaglia A., Sandri G., Rossi S.

Porous Functionally Graded Scaffold prepared by a single-step freeze-drying process. A bioinspired approach for wound care

(2024) International Journal of Pharmaceutics, 656, art. 124119, DOI: 10.1016/j.ijpharm.2024.124119

Bianchi E., Ruggeri M., Vigani B., Totaro Fila C., Icaro Cornaglia A., Boselli C., Viseras C., Rossi S., Sandri G.

Gas foamed scaffolds as smart 3D structures in skin tissue engineering

(2024) Journal of Drug Delivery Science and Technology, 95, art.105541, DOI: 10.1016/j.jddst.2024.105541

Ruggeri M., De Luca F., Ungolo A., Vigani B., Paredes A.J., Russo E., Bottone M.G., Bianchi E., Ferrari F., Rossi S., Sandri G.

Olive mill wastewater: From by-product to smart antioxidant material

(2024) International Journal of Pharmaceutics: X, 8, art. no. 100301, DOI: 10.1016/j.ijpx.2024.100301

Ungolo A., Ruggeri M., Vigani B., Grisoli P., Bianchi E., Viseras C., Rossi S., Sandri G.

Antibacterial, antioxidant and barrier properties of clay-doped electrospun fibers

(2024) Materials and Design, 247, art. 113405, DOI: 10.1016/j.matdes.2024.113405

Rodríguez Pozo F.R., Ianev D., Martínez Rodríguez T., Arias J.L., Linares F., Gutiérrez Ariza C.M., Valentino C., Arrebola Vargas F., Hernández Benavides P., Paredes J.M., Medina Pérez M.D.M., Rossi S., Sandri G., Aguzzi C.

Development of Halloysite Nanohybrids-Based Films: Enhancing Mechanical and Hydrophilic Properties for Wound Healing

(2024) Pharmaceutics, 16 (10), art. no. 1258, DOI: 10.3390/pharmaceutics16101258

Nomicisio C., Taviot-Guého C., Ruggeri M., Forano C., Vigani B., Viseras C., Rossi S., Sandri G.

Layered double Hydroxides for biomedical purposes: Sustainable and green synthesis

(2024) Applied Clay Science, 258, art. no. 107480, DOI: 10.1016/j.clay.2024.107480

Bianchi E., Ruggeri M., Del Favero E., Pisano R., Artusio F., Ricci C., Vigani B., Ferraretto A., Boselli C., Icaro Cornaglia A., Rossi S., Sandri G.

Chondroitin sulfate and caseinophosphopeptides doped polyurethane-based highly porous 3D scaffolds for tendon-to-bone regeneration

(2024) International Journal of Pharmaceutics, 652, art. 123822, DOI: 10.1016/j.ijpharm.2024.123822

Pino P., Vigani B., Valentino C., Ianev D., Ruggeri M., Boselli C., Cornaglia A.I., Grisoli P., Onida B., Bosco F., Sandri G., Rossi S.

Sustainable whey proteins-nanostructured zinc oxide-based films for the treatment of chronic wounds: New insights from biopharmaceutical studies

(2024) International Journal of Biological Macromolecules, 263, art. no. 130655, DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2024.130655

Roussel T., Ferry D., Kosta A., Miele D., Sandri G., Tansi F.L., Steiniger F., Southern P., Pankhurst Q.A., Peng L., Giorgio S.

Insight into the Internal Structure of High-Performance Multicore Magnetic Nanoparticles Used in Cancer Thermotherapy

(2024) ACS Materials Au, 4 (5), pp. 489 – 499, DOI: 10.1021/acsmaterialsau.4c00021

Imbriano A., García-Villén F., Forte J., Ruggeri M., Lasalvia A., Rinaldi F., Perioli L., Sandri G., Marianecchi C., Viseras C., Carafa M.

Clay-carvacrol nanoemulsions for wound healing: Design and characterization studies

(2024) Journal of Drug Delivery Science and Technology, 99, art. no. 105984

DOI: 10.1016/j.jddst.2024.105984

Suarato G., Pressi S., Menna E., Ruben M., Petrini E.M., Barberis A., Miele D., Sandri G., Salerno M., Schirato A., Alabastri A., Athanassiou A., Proietti Zaccaria R., Papadopoulou E.L.

Modified Carbon Nanotubes Favor Fibroblast Growth by Tuning the Cell Membrane Potential

(2024) ACS Applied Materials and Interfaces, 16 (3), pp. 3093 - 3105

DOI: 10.1021/acсами.3c14527

DIPARTIMENTO di INGEGNERIA CIVILE E ARCHITETTURA

Collivignarelli, M.C.; Bellazzi, S.; Caccamo, F.M.; Sordi, M.; Crotti, B.; Abbà, A.; Baldi, M. Statistical Characterization of Full-Scale Thermophilic Biological Systems to Inform Process Optimization.

Environments 2024, 11, 36. <https://doi.org/10.3390/environments11020036>.

Di Gravina, Giulia M., et al. Design and development of a hepatic lyo-dECM powder as a biomimetic component for 3D-printable hybrid hydrogels.

Biomedical Materials 19.1 (2023): 015005.

Loi, Giada, et al., Design, development, and benchmarking of a bioreactor integrated with 3D bioprinting: Application to skeletal muscle regeneration.

Bioprinting 42 (2024): e00352.

Scocoza, F., et al. Effect of hydroxyapatite and pulsed electromagnetic field on osteogenic differentiation of human stem cells seeded onto 3D-printed polycaprolactone scaffolds for future bone graft transplantation

Polymers for Advanced Technologies 35.4 (2024): e6386.