

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

RELAZIONE di ATTIVITÀ 2023

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 2023, 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 2023 in riviste internazionali ad essi riferite.

Nell’anno 2024 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; in questa prima fase del 2024 si stanno valutando anche coinvolgimenti possibili 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 2023 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 si è ampliata con l'acquisizione strumentazione sia per spettroscopia in eccitazione/emissione sia per spettroscopia lineare portatile, entrambe in intervallo spettrale UV-vis-NIR. I materiali studiati in particolare sono:

- composti semiconduttori III-V da crescita MOCVD in strutture a film sottile, per integrazione in strutture di cella solare a multi-giunzione, e.g. (Al)GaInP su GaAs o Ge; ossidi misti o strati dielettrici a densità graduata per il fronte e retro della cella. Mediante modulazione della soglia di assorbimento e del drogaggio, e per l'aggiunta di *coating* antiriflesso o retroriflettente, rispettivamente, si intende rendere più efficiente l'assorbimento di radiazione solare nella regione spettrale visibile-NIR (*coll. RSE s.r.l.*);
- composti di perovskiti inorganiche *metal halide perovskites* (MHP) con soglia di assorbimento ottico modulabile verso il NIR per l'applicazione in fotodetettori e perovskiti a cationi chirali per 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; gli interessi principali sono per: a) materiali polimerici ad elevata trasparenza e dispersione di indice di rifrazione ai limiti inferiore e superiore dello stato dell'arte ($1.35 < n < 2.2$ nello spettro visibile); b) sistemi polimerici a riflettore di Bragg con elevato contrasto dielettrico, utilizzabili per controllo/confinamento di radiazione nel visibile-NIR e sensoristica; c) polimeri elastocromici (*coll. D. Comoretto, Dip. Chim. Industriale, Univ. Genova, Dip. Chimica UniPV, IIT Genova*);

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 raggiungere 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 Agrindustria primaria*)
- Materiali tissutali (scaffold) a base di fibre polimeriche elettrofilate, specie peptidiche e funzionalizzazione in grado di favorire l'adesione e proliferazione cellulare e la produzione di matrice extracellulare (*coll. Dip. Scienze del Farmaco*)
- Nanostrutture plasmoniche per attività antibatterica e antibiofilm (*coll. Dip. Chimica e Medicina Molecolare*)
- Materiali biocompatibili per impianti e protesi a base di Titanio (dentali, trabecolari) (*coll. Dip. Medicina Molecolare e Policlinico San Matteo*)
- 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

Sono state studiate, sia sperimentalmente sia teoricamente, differenti piattaforme: nell'ambito del progetto h-ALO (Horizon2020), riguardante la detezone di contaminanti nella catena di produzione agro-alimentare (latte, miele, acque e birra) e in collaborazione con la spin off PLASMORE s.r.l. è stato approfondito lo studio della risposta in fluorescenza di nanostrutture plasmoniche ordinate. In particolare si è studiata la correlazione tra il fattore di amplificazione e la dispersione angolare dell'emissione trovando una corrispondenza con le dispersioni dei modi plasmonici.

Sono stati inoltre condotti studi modellistici sull'ottimizzazione dei parametri strutturali di reticoli plasmonici ed è stata avviata una collaborazione con il Paul Scherrer Institute (CH) per la fabbricazione di tali strutture sfruttando la tecnica della Diffraction Talbot Lithography.

In collaborazione con BioSense Institute in Serbia e la Vrije Universiteit di Bruxelles è stato impostato il lavoro preparatorio alla sottomissione di un progetto europeo incentrato sull'uso di Bloch Surface Waves per la detezone di aflatossine nei cereali.

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

L'attività di ricerca si è focalizzata sullo studio e sviluppo di substrati SERS metallici opportunamente funzionalizzati per la rivelazione di sostanze inquinanti sia tradizionali che emergenti.

E' stato sviluppato e analizzato un substrato SERS specifico per la rivelazione indiretta della presenza dello ione Fe^{3+} nelle acque, costituito da nanostelle di oro ricoperte di argento ($Ag@GNS$) e funzionalizzate con noto Raman reporter 7-mercapto-4-methylcoumarin (MMC), capace di creare un legame stabile con la superficie metallica delle nanostrutture. Il principio di funzionamento consiste nella rivelazione del segnale Raman della molecola MMC che all'aumentare della concentrazione di ioni Fe^{3+} viene progressivamente scalzata dalla superficie delle $Ag@GNS$ con conseguente diminuzione del suo segnale Raman.

I substrati SERS composti da stelle d'oro (GNS) e stelle d'oro ricoperte di argento ($Ag@GNS$), studiati nel dettaglio gli anni scorsi, sono stati opportunamente funzionalizzati con un biopolimero, polidopamina (PDA). La risposta SERS è stata analizzata al variare dello spessore della ricopertura di PDA. Questo per valutare, da un lato, una funzionalizzazione del substrato che renda più semplice la cattura dell'analita e dall'altro per analizzare l'andamento del segnale SERS all'aumentare della dimensione di questo spacer polimerico, confrontando i risultati con i precedenti studi condotti dal nostro gruppo su ricopertura dei sensori con SiO_2 e PDMS.

Le attività del Laboratorio Raman hanno altresì riguardato altre tematiche: tra queste sono continuate le ricerche riguardanti lo studio delle proprietà strutturali e funzionali di ossidi misti e lo studio di materiali a base titanio utilizzati nell'impiantistica dentale.

DIPARTIMENTO DI CHIMICA

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

Nel corso del 2023 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 2023 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 antimonio e bismuto) 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 la degradazione foto-assistita di inquinanti e biomasse. Inoltre, si è indagato in collaborazione con un gruppo di chimica computazionale, il meccanismo di reazione della produzione fotocatalitica di idrogeno in sistemi a base di Sn. Il principale sistema studiato è stato Cs₃(Sb;Bi)₂Br₉/g-C₃N₄ portando a produzioni di idrogeno di 10 o 20 volte superiori rispetto al solo g-C₃N₄. Alcune di queste perovskiti sono anche state indagate applicando pressioni elevate.

2) Sintesi di nuove perovskiti contenenti cationi amminici a diversa lunghezza di catena e cationi chirali per creare emettitori di luce bianca e di luce polarizzata oltre che creare assorbitori di luce polarizzata. In questo caso si sono indagate serie di ammine alifatiche variando il numero di atomi di carbonio da 6 a 16 e sono state sintetizzate delle nuove perovskiti a base di piombo che hanno effettivamente mostrato una modulazione delle proprietà di emissione broadband a seconda della tipologia di catione presente. Le perovskiti chirali sviluppate, utilizzando cationi come cloro-metilbenzilammonio (R,S e racemo) hanno dimostrato un effettivo assorbimento di luce polarizzata oltre che fotoluminescenza circolarmente polarizzata. I risultati dell'attività per queste linee di ricerca sono riportati in cinque 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 2023 hanno riguardato queste tematiche:

i) parziale coating di nanostelle d'oro con argento, per modificare la risposta ottica e incrementare la risposta SERS, per una sensoristica molecolare avanzata

ii) studio del coating proteico (protein corona) di NP di argento e di blu di Prussia, per determinarne la stabilità in vivo, e al contempo studio del meccanismo di degradazione delle medesime NP in condizioni simil-in vivo (pH fisiologico), ma senza stabilizzazione con protein corona

iii) 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⁺). Il lavoro è stato svolto nell'ottica di ottenere sia uno smart packaging per alimenti, sia 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

iv) pirolisi di residui di lavorazione alimentare per ottenere materiali carboniosi per H₂ storage, e per la diretta trasformazione di luce solare in calore

v) miscele AuNP e NP di analoghi del blu di Prussia per inchiostri fototermici anticontraffazione.

vi) 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

vii) 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

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 foto-termica 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.

Queste attività sono state potenziate da diversi progetti di ricerca finanziati nel 2023, 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.

Il nostro team durante il 2023 ha potenziato la collaborazione internazionale, materializzata in 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'azienda multinazionale LGC (resp. Pallavicini), e una tesi magistrale in co-tutela col Centro Francese di Metrologia LNE Paris (resp. Diaz-Fernandez).

Nel 2024 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 2023 l'attività nel campo della microscopia non lineare ha avuto come principale ambito di ricerca l'implementazione di specchi con profilo di riflettività gaussiano al fine di ottenere una sagomatura del fascio ottimale per una scansione lineare. I risultati preliminari ottenuti sono soddisfacenti e dimostrano in particolare una netta diminuzione delle perdite di potenza nel set-up sperimentale. 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 della caratterizzazione di materiali non lineari, è proseguita la collaborazione con il Dipartimento di Fisica dell'Università di Roma “La Sapienza”, il Dipartimento di Fisica Applicata dell'Università Ebraica di Gerusalemme, il CNR-IMM di Agrate Brianza, Elettra-Sincrotrone di Trieste e l'ISC-CNR di Roma. L'attività di ricerca è stata incentrata sullo sfruttamento del fenomeno della rifrazione gigante per l'aumento della banda nei processi non lineari di conversione di lunghezza d'onda.

L'attività nell'ambito della fotonica integrata svolta nell'ambito del 2023 è stata legata alla collaborazione con ORC Southampton (UK), con il centro di sviluppo tecnologico CEITEC, e con Huawei Italia. In particolare ci si è concentrati su due filoni: lo sviluppo di circuiti fotonici integrati per la stabilizzazione di laser a semiconduttore e la generazione di radiazione nella banda sub-THz e lo studio di dispositivi per la realizzazione di convertitori di lunghezza d'onda nel medio infrarosso, sfruttando sia interazioni multimodali sia lo sviluppo di piattaforme innovativi per la realizzazione di circuiti integrati ad elevata non-linearità.

L'attività in collaborazione con Huawei Italia in particolare ha permesso di dimostrare un circuito integrato in grado di stabilizzare in frequenza fino a 16 laser in banda C con l'accuratezza di poche decine di MHz. Il circuito è stato utilizzato per generare e trasmettere in fibra due laser stabilizzati che permettono di ottenere una radiazione a 150 GHz tramite photomixing.

Inoltre particolare nell'ambito del Progetto europeo Actphast, sono state realizzate e ora in fase di caratterizzazione delle guide d'onde in tecnologia "Lithium Niobate on Insulator" 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.

Infine la progettazione di un circuito integrato in Nitruro di Silicio arricchito in Silicio ha portato alla dimostrazione di generazione di radiazione nel medio infrarosso sfruttando effetti non lineari del terzo ordine che sfruttano l'accordo di fase tra diversi modi ottici. Nel dispositivo dimostrato è stata integrata sia il blocco multimodale sia il blocco di conversione modale in grado di garantire l'interazione tra modi diversi con buona sovrapposizione spaziale.

Continua, inoltre, la collaborazione con l'INFN sezione di Pavia, per le attività legate allo sviluppo di componenti ottici ad alte prestazioni per applicazioni quantistiche.

Nell'ambito della Biofotonica sono state svolte diverse 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 d'oro per il trattamento di infezioni batteriche antibiotico resistenti, e per il trattamento di lesioni endometriotiche.

In questo ambito si è inoltre instaurata una collaborazione, finanziata nell'ambito del progetto PRIN-PNRR BioPhET con il Politecnico di Torino, per lo sviluppo di componenti ottici in vetro biorassorbibile. Il progetto mira a mettere a punto le tecnologie necessarie per la realizzazione di dispositivi ottici (per la sensoristica, la diagnostica e per la erogazione in loco di terapie ottiche) che utilizzano vetri a base di Calcio-Fosfato, e che possano essere riassorbiti dall'organismo ospite in un tempo pre-determinato. Continua inoltre la collaborazione col Wellman Center for Biophotonics di Boston (Ma, USA).

E' inoltre continuata la collaborazione con l'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare di Pavia, riguardante la messa a punto di un sistema di protesi retinica che utilizzi dei fotomoltiplicatori al silicio come elemento sensibile per trasdurre i segnali ottici in arrivo sulla retina in segnali elettrici che possano essere condotti attraverso il nervo ottico.

DIPARTIMENTO DI SCIENZE DEL FARMACO

L'attività di ricerca svolta presso il Dipartimento di Scienze del Farmaco si connota per la sua interdisciplinarietà, coinvolgendo sia gruppi di ricerca afferenti ad SSD diversi presenti nel Dipartimento, in particolare CHIM, BIO e MED, sia gruppi di ricerca afferenti ad altri Dipartimenti (Chimica, Fisica, Medicina) dell'Ateneo o ad altre Università/Centri di ricerca italiani ed esteri.

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 2023 presso il Dipartimento; nello specifico essa ha riguardato le seguenti tematiche:

1. micro- e nano- sistemi per il rilascio di farmaci e per applicazioni in ambito biomedico e veterinario;
2. allestimento e caratterizzazione di scaffolds per la medicina rigenerativa e terapie avanzate;
3. allestimento e/o impiego di "smart excipients" per applicazioni in ambito biomedico.

Le pubblicazioni relative alle suddette tematiche per l'anno 2023 sono elencate 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 2023 sono riportate in allegato.

Caratterizzazione meccanica e costitutiva di tessuti biologici

Modelli costitutivi dei materiali ed applicazione di leghe a memoria di forma (SMA) per dispositivi biomedicali e non (G. Scalet, F. Auricchio, Comp-Mech Group)

Questa attività ha l'obiettivo di proporre modelli costitutivi fenomenologici per descrivere il comportamento termomeccanico di materiali intelligenti quali leghe a memoria di forma, che trovano largo impiego in ambito aerospaziale e meccanico (coll. C. Maletta, Unical - F. Niccoli, CERN).

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.

Trattamenti avanzati di minimizzazione dei fanghi biologici di depurazione e massimizzazione del recupero di materia e di energia (M.C. Collivignarelli, TEC_{2.0} Lab)

I reattori biologici termofili a letto fluido operanti in condizioni alternate aerobiche/anossiche si sono rivelati una soluzione ottimale per la minimizzazione dei fanghi di depurazione. Nel corso del 2023 è stato avviato e monitorato il primo impianto in Italia alla scala reale. In particolare, si è valutata l'efficacia dell'applicazione di una tecnologia biologica termofila per la minimizzazione della produzione dei fanghi biologici di depurazione. Lo studio ha coinvolto diversi parametri tra cui: (i) l'elevata stabilità di processo, (ii) la capacità di degradare anche molecole complesse, (iii) un fattore di produzione di nuova biomassa sensibilmente ridotto rispetto ai processi mesofili, e (iv) la possibilità di inibizione di agenti patogeni.

Sono state avviate su questo argomento due tesi di laurea (di cui una discussa a febbraio 2024) ed una pubblicazione (accettata nel 2023).

Produzione di biochar da residui trattamento acque di scarico e residui agricoli (M.C. Collivignarelli, TEC_{2.0} Lab)

Il trattamento dei fanghi di depurazione risulta un tema attuale nelle sfide ambientali odierne. Una soluzione innovativa è l'utilizzo dei fanghi per produrre carboni attivi "green"-biochar mediante pirolisi e attivazione chimica. Questi materiali possono essere inseriti negli impianti di depurazione per migliorare l'efficienza del trattamento delle acque reflue come trattamento quaternario di affinamento dello scarico idrico. L'obiettivo è applicare il concetto di economia circolare ai residui di trattamento degli impianti di depurazione.

Sono state effettuate due tesi di laurea magistrale ed una pubblicazione.

Pavia, 26 Marzo 2024

Allegato. Pubblicazioni 2023 dei principali gruppi di ricerca referenti MADE nei Dipartimenti

DIPARTIMENTO di FISICA

Light Rectification with Plasmonic Nano-Cone Point Contact- Insulator-Metal Architecture
R. Mupparapu, J. Cunha, F. Tantussi, A. Jacassi, L. Summerer, M. Patrini, A. Giugni, A. Alabastri, R. Proietti Zaccaria
Proc.SPIE - The International Society for Optical Engineering, 12584, 125840E (2023).

Optical properties of Materials
Giorgio Guizzetti and M. Patrini
Encyclopedia of Condensed Matter Physics, 2e, vol. 5, pp. 150-166 (2023).

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, accepted (2023). DOI:10.1021/acs.biomac.3c01310

Photodynamic toluidine blue-gold nanoconjugates as a novel therapeutic for Staphylococcal biofilms
M. Okkeh, L. De Vita, G. Bruni, L. Doveri, P. Minzioni, E. Restivo, M. Patrini, P. Pallavicini and L. Visai
RSC Advances 13, 33887–33904 (2023). DOI: 10.1039/d3ra04398c

High Quality Factor in Solution-Processed Inorganic Microcavities Embedding CsPbBr₃ Perovskite Nanocrystals
S. Bertucci, A. Escher, M. Cirignano, M. De Franco, F. Locardi, M. Patrini, D. Comoretto, P. Lova, F. Di Stasio
ACS Applied Optical Materials 1, 7, 1343–1349 (2023). DOI:10.1021/acsaom.3c00157

A Fully Integrated Miniaturized Optical Biosensor for Fast and Multiplexing Plasmonic Detection of High- and Low-Molecular-Weight Analytes
Bolognesi M., Prosa M., Toerker M., Lopez Sanchez L., Wieczorek M., Giacomelli C., Benvenuti E., Pellacani P., Elferink A., Morschhauser A., Sola L., Damin F., Chiari M., Whatton M., Haenni E., Kallweit D., Marabelli F., Peters J., Toffanin S.
Advanced Materials 35 (26), art. no. 2208719 (2023) DOI: 10.1002/adma.202208719

Refractive Index Dependence of Fluorescence Enhancement in a Nanostructured Plasmonic Grating
Angelini M., Manobianco E., Pellacani P., Floris F., Marabelli F.
Materials 16 (3), art. no. 1289. (2023). DOI: 10.3390/ma16031289

Gold nanohole arrays: From structural optimization to biosensing applications
Angelini M., Floris F., Marabelli F., Manobianco E., Lopez-Sanchez L.
Proc. of the International School of Physics "Enrico Fermi", 210, pp. 133 – 136 (2023).
DOI: 10.3254/ENFI230012

Glass supported SERS chips for emerging pollutant analyses
B. Albini; M. Parmigiani; G. Pellegrini; A. Taglietti; P. Galinetto.
J Mater Sci: Mater Electron, 34:1619, 2023. DOI: 10.1007/s10854-023-11041-1

Plasmonic Nanomaterials for Micro- and Nanoplastics Detection
S. Schiavi, M. Parmigiani, P. Galinetto, B. Albini, A. Taglietti, G. Dacarro.
Appl. Sci., 13(16): 9291, 2023. DOI: 10.3390/app13169291

Origin of Broad Emission Induced by Rigid Aromatic Ditopic Cations in Low-Dimensional Metal Halide Perovskites

M. Morana, W. Kaiser, R. Chiara, B. Albini, D. Meggiolaro, E. Mosconi, P. Galinetto, F. De Angelis, L. Malavasi.

J. Phys. Chem. Lett., 14:7860–7868, 2023. DOI: 10.1021/acs.jpcclett.3c01872

Raman study of the laser-induced decomposition of ZnFe_2O_4 nanoparticles,

S. Restelli, B. Albini, S. Bonomi, M. Bini, M.C. Mozzati, P. Galinetto

Materials Today Communications, 35:106405, 2023. DOI: 10.1016/j.mtcomm.2023.106405

Raman spectroscopy in pure and doped zinc ferrites nanoparticles

B. Albini, S. Restelli, M. Ambrosetti, F. D'Amico, M. C. Mozzati, P. Galinetto

J Mater Sci: Mater Electron, 34:1030, 2023. DOI: 10.1007/s10854-023-10464-0

Role of chain length in the physical properties and hydrophobicity of $(\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{NH}_3)_2\text{PbX}_4$ ($n = 6, 8, 10, 12, 14$, and 16 ; $\text{X} = \text{Br}$ and I) 2D metal halide perovskites

C. Anelli, R. Chiara, M. Morana, A. Listorti, V. Armenise, S. Colella, B. Albini, C. Milanese, M. M. Llamas, B. Vigani, P. Quadrelli, S. Rossi, P. Galinetto, L. Malavasi.

J. Mater. Chem. C, 11:3818, 2023. DOI: 10.1039/d3tc00044c

DIPARTIMENTO di CHIMICA

Multifunctional Janus Separators for Safer and Dendrite-Free Lithium-Metal Batteries

Callegari D., Davino S., Parmigiani M., Malavasi L., Quartarone E.

Batteries and Supercaps 2023, 6(12), e202300431

Extrusion 3D Printing of Patterned Cu Current Collectors for Advanced Lithium Metal Anodes

Callegari D., Airolidi L., Brucculeri R., Anselmi Tamburini U., Quartarone E.

Batteries and Supercaps 2023, 6(9), e202300202

Sorting, Characterization, Environmentally Friendly Recycling, and Reuse of Components from End-of-Life 18650 Li Ion Batteries

Cattaneo, P., Callegari D., Merli D., D'Aprile F., Quartarone E.

Advanced Sustainable Systems, 2023, 7(9), 2300161

Ions Dynamics and Diffusion in Self-Healing Chemical Gel Electrolytes for Li-ion Batteries

Quartarone E., Davino S., Lufrano E., Coppola L., Simari C., Nicotera I.

ChemElectroChem, 2023, 10(6), e202201148

Band gap tuning through cation and halide alloying in mechanochemically synthesized

$\text{Cs}_3(\text{Sb}_{1-x}\text{Bi}_x)_2\text{Br}_9$ and $\text{Cs}_3\text{Sb}_2(\text{I}_{1-x}\text{Br}_x)_9$ solid solutions.

Giovilli, G., Albini, B., Grisci, V., Bonomi, S., Moroni, M., Mosconi, E., Kaiser, W., De Angelis, F., Galinetto, P., Malavasi, L.

Journal of Materials Chemistry C, 11 (30), pp. 10282 (2023). DOI: 10.1039/d3tc01492d

Role of chain length in the physical properties and hydrophobicity of $(\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{NH}_3)_2\text{PbX}_4$ ($n = 6, 8, 10, 12, 14$, and 16 ; $\text{X} = \text{Br}$ and I) 2D metal halide perovskites

Anelli, C., Chiara, R., Morana, M., Listorti, A., Armenise, V., Colella, S., Albini, B., Milanese, C., Medina Llamas, M., Vigani, B., Quadrelli, P., Rossi, S., Galinetto, P., Malavasi, L.

Journal of Materials Chemistry C, 11 (11), pp. 3818 (2023). DOI: 10.1039/d3tc00044c

Preparation of Heterojunctions Based on $\text{Cs}_3\text{Bi}_2\text{Br}_9$ Nanocrystals and g- C_3N_4 Nanosheets for Photocatalytic Hydrogen Evolution

Medina-Llamas, M., Speltini, A., Profumo, A., Panzarea, F., Milella, A., Fracassi, F., Listorti, A., Malavasi, L.

Nanomaterials, 13 (2), art. no. 263 (2023). DOI: 10.3390/nano13020263

Bismuth-Based Halide Perovskites for Photocatalytic H₂ Evolution Application

Tedesco, C., Malavasi, L.

Molecules, 28 (1), art. no. 339 (2023). DOI: 10.3390/molecules28010339

Dual mode antibacterial surfaces based on Prussian blue and silver nanoparticles

Lavinia Doveri, Angelo Taglietti, Pietro Grisoli, Piersandro Pallavicini and Giacomo Dacarro

Dalton Trans., 52, 452-460 (2023). DOI: 10.1039/D2DT03058F

Photodynamic toluidine blue-gold nanoconjugates as a novel therapeutic for Staphylococcal biofilms

Mohammad Okkeh, Lorenzo De Vita, Giovanna Bruni, Lavinia Doveri, Paolo Minzioni, Elisa Restivo, Maddalena Patrini, Piersandro Pallavicini and Livia Visai

RSC Advances, Volume 13, Issue 48, Pages 33887 (2023). DOI 10.1039/d3ra04398c

Nanoparticle-Imprinted Silica Gel for the Size-Selective Capture of Silver Ultrafine Nanoparticles from Water

Pallavicini P., L. Preti, Maria L. Protopapa, D. Carbone, L. Capodieci, Yuri A. Diaz Fernandez, C. Milanese, A. Taglietti, and L. Doveri

Molecules 28, 10 Article number 4026 (2023). DOI:10.3390/molecules28104026

Prussian Blue nanoparticles: An FDA-approved substance that may quickly degrade at physiological pH

L. Doveri, G. Dacarro, Y. Antonio Diaz Fernandez, M. Razzetti, A. Taglietti, G. Chirico, M. Collini, I. Sorzabal-Bellido, M. Esparza, C. Ortiz-de-Solorzano, X. Morales Urteaga, C. Milanese, P. Pallavicini, *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces* 227, 113373 (2023). DOI: 10.1016/j.colsurfb.2023.113373

Enhanced in vitro immersion behavior and antibacterial activity of NiTi orthopedic biomaterial by HAp-Nb₂O₅ composite deposits

Mir Saman Safavi, Jafar Khalil-Allafi, Elisa Restivo, Arash Ghalandarzadeh, Milad Hosseini, Giacomo Dacarro, Lorenzo Malavasi, Antonella Milella, Andrea Listorti & Livia Visai

Scientific Reports 13, 1, Article number 16045, (2023). DOI 10.1038/s41598-023-43393-3

Plasmonic Nanomaterials for Micro- and Nanoplastics Detection

Schiavi, Serena, Miriam Parmigiani, Pietro Galinetto, Benedetta Albini, Angelo Taglietti, and Giacomo Dacarro.

Applied Sciences 13, 16 Article number 9291 (2023). DOI 10.3390/app13169291

Metastable Ni(I)-TiO₂-x Photocatalysts: Self-Amplifying H₂ Evolution from Plain Water without Noble Metal Co-Catalyst and Sacrificial Agent.

Marco Altomare, Shanshan Qin, Viktoriia A. Saveleva, Zdenek Badura, Ondrej Tomanec, Anca Mazare, G. Zoppellaro, A. Vertova, Angelo Taglietti, A. Minguzzi, Paolo Ghigna, Patrik Schmuiki

Journal of the American Chemical Society 145, 48, Pages 26122 (2023). DOI 10.1021/jacs.3c08199

Glass supported SERS chips for emerging pollutant analyses

B. Albini, M. Parmigiani, G. Pellegrini, A. Taglietti & P. Galinetto

Journal of Materials Science: Materials in Electronics 34, Article n. 1619,(2023).

DOI 10.1007/s10854-023-11041-1

DIPARTIMENTO di INGEGNERIA INDUSTRIALE E DELL'INFORMAZIONE

Anomalous Optical Properties of KTN:Li Ferroelectric Supercrystals

L. Falsi, et al.

Nanomaterials 13 (5), 899 (2023). DOI: 10.3390/nano13050899

Second harmonic generation with giant angular and spectral acceptance

Parravicini J., Falsi L., Di Mei F., Tartara L., Agranat A.J., Delre E.

International Conference on Transparent Optical Networks, July 2023. DOI:

10.1109/ICTON59386.2023.10207286

The nano-revolution in the diagnosis and treatment of endometriosis

C. Volpini, N. Bloise, M. Dominoni, F. Barra, V.G. Vellone, P. Minzioni, B. Gardella, S. Ferrero, L. Visai

RSC Nanoscale 15, 17313-17325, (2023). DOI: 10.1039/D3NR03527A

Photodynamic toluidine blue-gold nanoconjugates as a novel therapeutic for Staphylococcal biofilms

M. Okkeh, L. De Vita, G. Bruni, L. Doveri, P. Minzioni, E. Restivo, M. Patrini, P. Pallavicini, L. Visai

RSC Advances 13, 33887-33904 (2023). DOI: 10.1039/D3RA04398C

Visual prostheses based on Silicon PhotoMultiplier: The SPEye project

G Biella, et al.

Nuclear Inst. and Methods in Physics Research A 1048, 167935 (2023). DOI:

10.1016/j.nima.2022.167935

Roadmap for optical tweezers

G. Volpe et al.

J. Phys. Photonics 5 022501 (2023) DOI: 10.1088/2515-7647/acb57b

Frequency locking on a DDO-OFDM system with two optical carriers using a silicon nitride PIC

A. Brugnoli, K. Bottrill, N. Taengnoi, Y. Hong, A.E. Kaplan, A. Eloziri, V. Vitali, M. Re, C. Lacava, P. Petropoulos, I. Cristiani

European Conference on Optical Communications p. 1480 (2023). DOI: 10.1049/icp.2023.2599

Generation and propagation of dissipative optical solitons in fiber cavities

I. Cristiani

CLEO Technical Digest Series (Optica Publishing Group, 2023), paper JM2C.2. DOI:

10.1364/CLEO_AT.2023.JM2C.2

Study of position uncertainties of nanowire arrays on silicon waveguide in a polarization rotator device

D Prete, V Vitali, C Lacava, A Fontana, V Demontis, A Salamon, V Bellani, I Cristiani, F Rossella

IEEE Nanotechnology Materials and Devices Conference (NMDC) 2023. DOI:

10.1109/NMDC57951.2023.10343772

Semiconductor Nanowires for Polarization Control in Integrated Waveguides

V Vitali, A Fontana, V Demontis, D Prete, A Salamon, V Bellani, I Cristiani, F Rossella, C Lacava

IEEE Nanotechnology Materials and Devices Conference (NMDC) 2023. DOI:

10.1109/NMDC57951.2023.10343868

DIPARTIMENTO di SCIENZE del FARMACO

Valentino, C., Rodríguez, T.M., Benavides, P.H., Vargas, F.A., Paredes, J.M., Rossi, S., Sandri, G., Medina Pérez, M.D.M., Aguzzi, C., Human lactoferrin-clay mineral nanohybrids as emerging green biomaterials: A physicochemical characterization

Applied Clay Science, 243, art. no. 107085 (2023) DOI: 10.1016/j.clay.2023.107085

Ruggeri, M., Vigani, B., Bianchi, E., Valentino, C., Totaro Fila, C., Boselli, C., Icaro Cornaglia, A., Viseras, C., Rossi, S., Sandri, G., Hydroxyapatite-doped microspheres in chronic wound regeneration *Journal of Drug Delivery Science and Technology*, 86, art. no. 104758. (2023) DOI: 10.1016/j.jddst.2023.104758

Fiorentini, F., Suarato, G., Summa, M., Miele, D., Sandri, G., Bertorelli, R., Athanassiou, A., Plant-Based, Hydrogel-like Microfibers as an Antioxidant Platform for Skin Burn Healing *ACS Applied BioMaterials* 6 (8), pp. 3103-3116. DOI: 10.1021/acsabm.3c00214 (2023)

Valentino, C., Vigani, B., Zucca, G., Ruggeri, M., Boselli, C., Icaro Cornaglia, A., Malavasi, L., Sandri, G., Rossi, S., Formulation development of collagen/chitosan-based porous scaffolds for skin wounds repair and regeneration *International Journal of Biological Macromolecules* 242, art. no. 125000 (2023). DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2023.125000

Ruggeri, M., Lenzuni, M., Suarato, G., Vigani, B., Boselli, C., Icaro Cornaglia, A., Colombo, D., Grisoli, P., Ricci, C., Del Favero, E., Rossi, S., Athanassiou, A., Sandri, G., Polysaccharide-protein microparticles based-scaffolds to recover soft tissue loss in mild periodontitis *International Journal of Pharmaceutics* 640, art. no. 123015 (2023). DOI: 10.1016/j.ijpharm.2023.123015

Bianchi, E., Ruggeri, M., Vigani, B., Del Favero, E., Ricci, C., Boselli, C., Icaro Cornaglia, A., Viseras, C., Rossi, S., Sandri, G., Cerium Oxide and Chondroitin Sulfate Doped Polyurethane Scaffold to Bridge Tendons *ACS Applied Materials and Interfaces* 15 (22), pp. 26510-26524 (2023). DOI: 10.1021/acsami.3c06144

Spano, M., Di Matteo, G., Fernandez Retamozo, C.A., Lasalvia, A., Ruggeri, M., Sandri, G., Cordeiro, C., Sousa Silva, M., Totaro Fila, C., Garzoli, S., Crestoni, M.E., Mannina, L., A Multimethodological Approach for the Chemical Characterization of Edible Insects: The Case Study of *Acheta domesticus*. *Foods* 12 (12) (2023),

Valentino, C., Vigani, B., Zucca, G., Ruggeri, M., Marrubini, G., Boselli, C., Icaro Cornaglia, A., Sandri, G., Rossi, S., Design of Novel Mechanically Resistant and Biodegradable Multichannel Platforms for the Treatment of Peripheral Nerve Injuries *Biomacromolecules* 24 (4), pp. 1731-1743 (2023). DOI: 10.1021/acs.biomac.2c01498

Ruggeri, M., Sánchez-Espejo, R., Casula, L., Sandri, G., Perioli, L., Cardia, M.C., Lai, F., Viseras, C., Bentonite- and Palygorskite-Based Gels for Topical Drug Delivery Applications. *Pharmaceutics* 15 (4), art. no. 1253 (2023) DOI: 10.3390/pharmaceutics15041253

Valentino, C., Martínez Rodríguez, T., Borrego-Sánchez, A., Hernández Benavides, P., Arrebola Vargas, F., Paredes, J.M., Rossi, S., Sainz Díaz, C.I., Sandri, G., Grisoli, P., Medina Pérez, M.D.M., Aguzzi, C., Characterization and Molecular Modelling of Non-Antibiotic Nanohybrids for Wound Healing Purposes *Pharmaceutics* 15 (4), art. no. 1140. (2023) DOI: 10.3390/pharmaceutics15041140

Miele, D., Nomicisio, C., Musitelli, G., Boselli, C., Icaro Cornaglia, A., Sánchez-Espejo, R., Vigani, B., Viseras, C., Rossi, S., Sandri, G. Design and development of polydioxanone scaffolds for skin tissue engineering manufactured via green process *International Journal of Pharmaceutics* 634, art. no. 122669 (2023) DOI: 10.1016/j.ijpharm.2023.122669

Pessoa, B., Collado-Gonzalez, M., Sandri, G., Ribeiro, A., Chitosan/Albumin Coating Factorial Optimization of Alginate/Dextran Sulfate Cores for Oral Delivery of Insulin
Marine Drugs 21 (3), art. no. 179. (2023) DOI: 10.3390/md21030179

Bianchi, E., Vigani, B., Ruggeri, M., Del Favero, E., Ricci, C., Grisoli, P., Ferraretto, A., Rossi, S., Viseras, C., Sandri, G., Electrospun Scaffolds Based on Poly(butyl cyanoacrylate) for Tendon Tissue Engineering
International Journal of Molecular Sciences 24 (4), art. no. 3172 (2023). DOI: 10.3390/ijms24043172

Miele, D., Ruggeri, M., Vigani, B., Viseras, C., Natali, F., Del Favero, E., Rossi, S., Sandri, G., Nanoclay-Doped Electrospun Nanofibers for Tissue Engineering: Investigation on the Structural Modifications in Physiological Environment
International Journal of Nanomedicine 18, pp. 7695-7710 (2023). DOI: 10.2147/IJN.S431862

Ruggeri, M., Miele, D., Contardi, M., Vigani, B., Boselli, C., Icaro Cornaglia, A., Rossi, S., Suarato, G., Athanassiou, A., Sandri, G., Mycelium-based biomaterials as smart devices for skin wound healing
Frontiers in Bioengineering and Biotechnology 11, art. no. 1225722 (2023). DOI: 10.3389/fbioe.2023.1225722

Ruggeri, M., Bianchi, E., Vigani, B., Sánchez-Espejo, R., Spano, M., Totaro Fila, C., Mannina, L., Viseras, C., Rossi, S., Sandri, G., Nutritional and Functional Properties of Novel Italian Spray-Dried Cricket Powder
Antioxidants 12 (1), art. no. 112 (2023). DOI: 10.3390/antiox12010112

Maggi, L., Friuli, V., Bruni, G., Rinaldi, A., Bini, M., Hybrid Nanocomposites of Tenoxicam: Layered Double Hydroxides (LDHs) vs. Hydroxyapatite (HAP) Inorganic Carriers
Molecules 28 (10), art. no. 4035 (2023). DOI: 10.3390/molecules28104035

Maggi, L., Urru, C., Friuli, V., Ferrara, C., Conti, D.M., Bruni, G., Capsoni, D., Synthesis and Characterization of Carvedilol-Etched Halloysite Nanotubes Composites with Enhanced Drug Solubility and Dissolution Rate
Molecules 28 (8), art. no. 3405 (2023). DOI: 10.3390/molecules28083405

Rassu, G., Sorrenti, M., Catenacci, L., Pavan, B., Ferraro, L., Gavini, E., Bonferoni, M.C., Giunchedi, P., Dalpiaz, A., Conjugation, Prodrug, and Co-Administration Strategies in Support of Nanotechnologies to Improve the Therapeutic Efficacy of Phytochemicals in the Central Nervous System
Pharmaceutics 15 (6), art. no. 1578 (2023). DOI: 10.3390/pharmaceutics15061578

Comincini, S., Manai, F., Sorrenti, M., Perteghella, S., D'Amato, C., Miele, D., Catenacci, L., Bonferoni, M.C., Development of Berberine-Loaded Nanoparticles for Astrocytoma Cells Administration and Photodynamic Therapy Stimulation
Pharmaceutics 15 (4), art. no. 1078 (2023). DOI: 10.3390/pharmaceutics15041078

Perteghella, S., Garzoni, A., Invernizzi, A., Sorrenti, M., Boselli, C., Icaro Cornaglia, A., Dondi, D., Lazzaroni, S., Marrubini, G., Caramella, C., Catenacci, L., Bonferoni, M.C. Nanoemulsions of Clove Oil Stabilized with Chitosan Oleate—Antioxidant and Wound-Healing Activity
Antioxidants 12 (2), art. no. 27 (2023). DOI: 10.3390/antiox12020273

Catenacci, L., Vicatos, A.I., Sorrenti, M., Edmonds-Smith, C., Bonferoni, M.C., Caira, M.R., Complexation between the Antioxidant Pterostilbene and Derivatized Cyclodextrins in the Solid State and in Aqueous Solution
Pharmaceutics 16 (2), art. no. 247 (2023) DOI: 10.3390/ph16020247

Botti, G., Bianchi, A., Dalpiaz, A., Tedeschi, P., Albanese, V., Sorrenti, M., Catenacci, L., Bonferoni, M.C., Beggiato, S., Pavan, B., Dimeric ferulic acid conjugate as a prodrug for brain targeting after nasal administration of loaded solid lipid microparticles
Expert Opinion on Drug Delivery 20 (11), pp. 1657-1679 (2023). DOI: 10.1080/17425247.2023.2286369

Bari, E., Perteghella, S., Rassu, G., Gavini, E., Petretto, G.L., Bonferoni, M.C., Giunchedi, P., Torre, M.L., Sericin/crocin micro/nanoparticles for nucleus pulposus cells regeneration: An “active” drug delivery system
Frontiers in Pharmacology 14, art. no. 1129882 (2023). DOI: 10.3389/fphar.2023.1129882

Rosalia, M., Giacomini, M., Tottoli, E.M., Dorati, R., Bruni, G., Genta, I., Chiesa, E., Pisani, S., Sampaolesi, M., Conti, B., Investigation on Electrospun and Solvent-Casted PCL-PLGA Blends Scaffolds Embedded with Induced Pluripotent Stem Cells for Tissue Engineering
Pharmaceutics 15 (12), art. no. 2736 (2023). DOI: 10.3390/pharmaceutics15122736

Tottoli, E.M., Benedetti, L., Riva, F., Chiesa, E., Pisani, S., Bruni, G., Genta, I., Conti, B., Ceccarelli, G., Dorati, R., Electrospun Fibers Loaded with Pirfenidone: An Innovative Approach for Scar Modulation in Complex Wounds
Polymers 15 (20), art. no. 4045 (2023). DOI: 10.3390/polym15204045

Pisani, S., Mauri, V., Negrello, E., Friuli, V., Genta, I., Dorati, R., Bruni, G., Marconi, S., Auricchio, F., Pietrabissa, A., Benazzo, M., Conti, B., Hybrid 3D-Printed and Electrospun Scaffolds Loaded with Dexamethasone for Soft Tissue Applications
Pharmaceutics 15 (10), art. no. 2478 (2023). DOI: 10.3390/pharmaceutics15102478

Pisani, S., Di Martino, D., Cerri, S., Genta, I., Dorati, R., Bertino, G., Benazzo, M., Conti, B., Investigation and Comparison of Active and Passive Encapsulation Methods for Loading Proteins into Liposomes
International Journal of Molecular Sciences 24 (17), art. no. 13542 (2023). DOI: 10.3390/ijms241713542

Rosalia, M., Grisoli, P., Dorati, R., Chiesa, E., Pisani, S., Bruni, G., Genta, I., Conti, B., Influence of Electrospun Fibre Secondary Morphology on Antibiotic Release Kinetic and Its Impact on Antimicrobial Efficacy
International Journal of Molecular Sciences 24 (15), art. no. 12108 (2023). DOI: 10.3390/ijms241512108

Basile, S., Mathew, E., Genta, I., Conti, B., Dorati, R., Lamprou, D.A., Optimization of FDM 3D printing process parameters to produce haemodialysis curcumin-loaded vascular grafts
Drug Delivery and Translational Research 13 (8), pp. 2058-2071 (2023). DOI: 10.1007/s13346-021-01078-2

Greco, A., Gabold, B., Chen, S., Wang, X., Xu, Z., Hartschuh, A., Chiesa, E., Genta, I., Ried, C.L., Merdan, T., Merkel, O.M., Microfluidic mixing as platform technology for production of chitosan nanoparticles loaded with different macromolecules
European Journal of Pharmaceutics and Biopharmaceutics 188, pp. 170-181 (2023). DOI: 10.1016/j.ejpb.2023.05.010

Tottoli, E.M., Benedetti, L., Chiesa, E., Pisani, S., Bruni, G., Genta, I., Conti, B., Ceccarelli, G., Dorati, R., Electrospun Naringin-Loaded Fibers for Preventing Scar Formation during Wound Healing
Pharmaceutics 15 (3), art. no. 747 (2023). DOI: 10.3390/pharmaceutics15030747

Pisani, S., Genta, I., Modena, T., Dorati, R., Bruni, G., Benazzo, M., Conti, B., A proof of concept to define the parameters affecting poly-l-lactide-co-poly-ε-caprolactone shape memory electrospun nanofibers for biomedical applications

Drug Delivery and Translational Research 13 (2), pp. 593-607 (2023). DOI: 10.1007/s13346-022-01218-2

Pisani, S., Mauri, V., Negrello, E., Mauramati, S., Alaimo, G., Auricchio, F., Benazzo, M., Dorati, R., Genta, I., Conti, B., Ferretti, V.V., De Silvestri, A., Pietrabissa, A., Marconi, S., Assessment of different manufacturing techniques for the production of bioartificial scaffolds as soft organ transplant substitutes

Frontiers in Bioengineering and Biotechnology 11, art. no. 1186351 (2023). DOI: 10.3389/fbioe.2023.1186351

Carneiro, S.P., Greco, A., Chiesa, E., Genta, I., Merkel, O.M., Shaping the future from the small scale: dry powder inhalation of CRISPR-Cas9 lipid nanoparticles for the treatment of lung diseases

Expert Opinion on Drug Delivery 20 (4), pp. 471-487 (2023). DOI: 10.1080/17425247.2023.2185220

DIPARTIMENTO di INGEGNERIA CIVILE E ARCHITETTURA

3D bioprinted osteosarcoma model for experimental boron neutron capture therapy (BNCT) applications: Preliminary assessment

Delgrosso, E., Scocoza, F., Cansolino, L., Riva, F., Conti, M., Loi, G., ... & Ferrari, C.,
Journal of Biomedical Materials Research Part B: Applied Biomaterials, 111(8), 1571-1580 (2023).

Silk Fibroin Bioink for 3D Printing in tissue regeneration: controlled release of MSC extracellular vesicles

Bari, E., Di Gravina, G. M., Scocoza, F., Perteghella, S., Frongia, B., Tengattini, S., ... & Conti, M.,
Pharmaceutics, 15(2), 383 (2023).

Characterization of a bioink combining extracellular matrix-like hydrogel with osteosarcoma cells: preliminary results

Loi, G., Stucchi, G., Scocoza, F., Cansolino, L., Cadamuro, F., Delgrosso, E., ... & Conti, M.,
Gels, 9(2), 129 (2023).

Prediction of the mechanical response of a 3D (bio) printed hybrid scaffold for improving bone tissue regeneration by structural finite element analysis

Scocoza, F., Di Gravina, G. M., Bari, E., Auricchio, F., Torre, M. L., & Conti, M.,
Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials, 142, 105822 (2023).

Design and biofabrication of bacterial living materials with robust and multiplexed biosensing capabilities

Usai, F., Loi, G., Scocoza, F., Bellato, M., Castagliuolo, I., Conti, M., & Pasotti, L.
Materials Today Bio, 18, 100526 (2023).

Design and development of a hepatic lyo-dECM powder as a biomimetic component for 3D-printable hybrid hydrogels

Di Gravina, G. M., Bari, E., Croce, S., Scocoza, F., Pisani, S., Conti, B., ... & Conti, M.
Biomedical Materials, 19(1), 015005 (2023).

3D Co-Printing and Substrate Geometry Influence the Differentiation of C2C12 Skeletal Myoblasts

Loi, G., Scocoza, F., Aliberti, F., Rinvenuto, L., Cidonio, G., Marchesi, N., ... & Conti, M.,
Gels, 9(7), 595 (2023).

Computer-aided engineering and additive manufacturing for bioreactors in tissue engineering: State of the art and perspectives

Di Gravina, G. M., Loi, G., Auricchio, F., & Conti, M.

Biophysics Reviews, 4(3) (2023).

Statistical Characterization of Full-Scale Thermophilic Biological Systems to Inform Process Optimization

Collivignarelli, M.C.; Bellazzi, S.; Caccamo, F.M.; Sordi, M.; Crotti, B.; Abbà, A.; Baldi, M.

Environments 11, 36 (2024). <https://doi.org/10.3390/environments11020036> - (accettata nel 2023).

Survey on Lombardy Region Wastewater Effluents and Application of Biochar from Biological Sewage Sludge for Wastewater Treatment

Collivignarelli, M.C.; Caccamo, F.M.; Bellazzi, S.; Llamas, M.M.; Sorlini, S.; Milanese, C.

Water 15, 3636 (2023). <https://doi.org/10.3390/w15203636>