



*DIMCM*

*Università degli Studi di Cagliari*  
**Dipartimento di Ingegneria Meccanica, Chimica e dei  
Materiali**

**STATO DELLA RICERCA  
ANNO SOLARE 2014**

# STATO DELLA RICERCA - ANNO SOLARE 2014

## DIMCM: Dipartimento di Ingegneria Meccanica, Chimica e dei Materiali Università degli Studi di Cagliari

**Indirizzo:** via Marengo 2, 09123 Cagliari, Italy  
Tel.+39-070 675 5701 - Fax +39-070 675 5067  
WEB: <http://www.dimcm.unica.it>

**Direttore:** Prof. Francesco GINESU e-mail: [francesco.ginesu@dimcm.unica.it](mailto:francesco.ginesu@dimcm.unica.it)

**Segretario Amministrativo:** Carlo SECCI e-mail: [carlo.secci@unica.it](mailto:carlo.secci@unica.it)

### Professori Ordinari

• BARATTI Roberto	ING-IND/26	Teoria dello Sviluppo dei Processi Chimici
• BERTOLINO Filippo	ING-IND/14	Progettazione Meccanica e Costruzione di Macchine
• CAO Giacomo	ING-IND/24	Principi di Ingegneria Chimica
• CAU Giorgio	ING-IND/09	Sistemi per l'Energia e l'Ambiente
• DIONORO Gennaro	ING-IND/16	Tecnologie e Sistemi di Lavorazione
• GINESU Francesco	ING-IND/14	Progettazione Meccanica e Costruzione di Macchine
• MANDAS Natalino	ING-IND/08	Macchine a fluido
• MANUELLO BERTETTO Andrea	ING-IND/13	Meccanica Applicata alle Macchine
• ORRU' Roberto (*)	ING-IND/24	Principi di Ingegneria Chimica
• PUDDU Pierpaolo	ING-IND/08	Macchine a fluido
• SANNA Ulrico	ING-IND/22	Scienza e Tecnologia dei Materiali
• VALLASCAS Rinaldo	ING-IND/12	Misure Meccaniche e Termiche

(\*) dal 06/10/2014

### Professori Associati

• AYMERICH Francesco	ING-IND/14	Progettazione Meccanica e Costruzione di Macchine
• BALDI Antonio	ING-IND/14	Progettazione Meccanica e Costruzione di Macchine
• BRUN Michele (*)	ICAR/08	Dinamica delle Strutture e Dinamica Sismica delle Strutture
• CARTA Renzo	ING-IND/24	Principi di Ingegneria Chimica
• COCCO Daniele	ING-IND/09	Sistemi per l'Energia e l'Ambiente
• CURRELI Luciano	ING-IND/29	Ingegneria delle Materie Prime
• DELOGU Francesco (**)	CHIM/07	Fondamenti Chimici delle Tecnologie
• FLORIS Francesco	ING-IND/09	Sistemi per l'Energia e l'Ambiente
• LALLAI Antonio	ING-IND/25	Impianti Chimici
• MASCIA Michele (***)	ING-IND/25	Impianti Chimici
• PALMAS Simonetta (****)	ING-IND/27	Chimica Industriale e Tecnologica
• PALOMBA Chiara	ING-IND/08	Macchine a fluido
• PAU Massimiliano (*****)	ING-IND/14	Progettazione Meccanica e Costruzione di Macchine
• PILLONI Maria Teresa	ING-IND/17	Impianti Industriali Meccanici
• ROMANO Daniele	ING-IND/16	Tecnologie e Sistemi di Lavorazione
• RUGGIU Maurizio (*****)	ING-IND/13	Meccanica Applicata alle Macchine

(\*) dal 30/12/2014

(\*\*) dal 06/10/2014

(\*\*\*) dal 30/12/2014

(\*\*\*\*) dal 06/10/2014

(\*\*\*\*\*) dal 06/10/2014

(\*\*\*\*\*) dal 06/10/2014

**Ricercatori**

• AMBU Rita	ING-IND/15	Disegno e metodi dell'ingegneria industriale
• BUONADONNA Pasquale	ING-IND/16	Tecnologie e Sistemi di Lavorazione
• CAMBULI Francesco	ING-IND/08	Macchine a fluido
• CINCOTTI Alberto	ING-IND/24	Principi di Ingegneria Chimica
• GROSSO Massimiliano	ING-IND/26	Teoria dello Sviluppo dei Processi Chimici
• LOCCI Antonio	ING-IND/24	Principi di Ingegneria Chimica
• MELONI Paola	ING-IND/22	Scienza e Tecnologia dei Materiali
• ORRU' Pier Francesco	ING-IND/17	Impianti Industriali Meccanici
• PORCU Maria Cristina	ICAR/08	Dinamica delle Strutture e Dinamica Sismica delle Strutture
• TOLA Vittorio	ING-IND/09	Sistemi per l'Energia e l'Ambiente
• TRONCI Stefania	ING-IND/26	Teoria dello Sviluppo dei Processi Chimici
• VACCA Annalisa	CHIM/07	Fondamenti Chimici delle Tecnologie

**Ricercatori a tempo determinato**

• DESOGUS Francesco (*)	ING-IND/24	Principi di Ingegneria Chimica
• ERRICO Massimiliano	ING-IND/25	Impianti Chimici
• GHISU Tiziano	ING-IND/08	Macchine a fluido
• LEBAN Bruno	ING-IND/13	Meccanica Applicata alle Macchine
• LICHERI Roberta	ING-IND/22	Scienza e Tecnologia dei Materiali
• PIA Giorgio	ING-IND/22	Scienza e Tecnologia dei Materiali
• PILIA Luca	CHIM/07	Fondamenti Chimici delle Tecnologie

(\*) dal 03/11/2014

**Personale tecnico-amministrativo**

• LAI Daniele	Area Tecnica Cat. C1
• LILLIU Maria	Area Amministrativa Cat. C5
• MARONGIU Gianluca	Area Tecnica Cat. C5
• PIRAS Antonella	Area Amministrativa Cat. C4
• PORCEDDU Brunella	Area Amministrativa Cat. B4
• VIOLA Antonello	Area Tecnica, Cat. D2

**Borsisti / Assegnisti / Contrattisti**

• ASUNI Gino Paolo	Borsista RAS
• CARTA Giorgio	Assegnista RAS
• CAREDDA V. Francesco	Assegnista RAS
• CASCETTA Mario	Assegnista RAS
• COGONI Giuseppe	Borsista
• DEIANA Pina	Assegnista
• FADDA Paolo	Assegnista RAS
• FADDA Sarah	Borsista RAS
• FRANCESCONI Luca	Borsista in parternariato
• GIACCU Gian Felice	Assegnista RAS
• MALAVASI Veronica	Borsista
• MELIS Emanuela	Assegnista RAS
• MONTINARO Selena	Assegnista FIRB
• MUSA Clara	Assegnista FIRB
• PADERI Maurizio	Assegnista RAS
• PINNA Daniele	Borsista
• SERRA Fabio	Assegnista
• SOGGIU Alessandro	Contrattista
• SOLLAI Francesca Agostina	Assegnista
• TRONCI Aurelio	Assegnista RAS
• USAI Alessandro	Borsista RAS
• VINCIS Andrea	Borsista

<b>Dottorandi di ricerca</b>	<i>Dottorato</i>	<i>Ciclo</i>	<i>Tutor</i>
• AMPUDIA Pablo	Ingegneria Industriale	XXIX	Palmas
• ARENA Simone	Progettazione Meccaniche	XXVI	Cau
• CABONI Omar	Progettazione Meccaniche	XXVII	Mandas
• CASULA Elisa	Scienze e Tecnologie Chimiche	XXIX	Cincotti
• CHEGINI Amir	Ingegneria Industriale	XXX	Aymerich
• COLUCCIA Carla	Ingegneria Biomedica	XXVI	Cao
• CROGLIOLU Simona	Ingegneria Industriale	XXX	Palmas
• CORONA Federica	Ingegneria Industriale	XXX	Pau
• COSTELLI Cristina	Ing. Scienze Ambientali	XXVII	Cao
• CUCCU Alessio	Ingegneria Biomedica	XXVII	Orrù
• DESOGUS Luca	Scienze e Tecnologie per l'Innovazione	XXIX	Orrù
• FENZA Giacomo	Progettazione Meccaniche	XXVIII	Pau
• FRONGIA Bruno	Ingegneria Biomedica	XXVI	Cao
• KUMAR Amit	Scienze e Tecnologie per l'Innovazione	XXIX	Cao
• LA CROCE Simone	Progettazione Meccaniche	XXVII	Mandas
• MADEDDU Claudio	Ingegneria Industriale	XXX	Baratti
• MAIS Laura	Ingegneria Industriale	XXVII	Mascia
• MEILI Silvia	Ingegneria Industriale	XXVI	Pilloni/Manuello
• MIGLIARI LUCA	Ingegneria Industriale	XXIX	Cocco
• MONASTERIO Sara	Ingegneria Industriale	XXIX	Mascia
• MANCUSO Luisa	Ingegneria Biomedica	XXVI	Cao
• PETROLLESE Mario	Ingegneria Industriale	XXVII	Cocco
• PODDA Lucia	Progettazione Meccaniche	XXVIII	Mandas
• PORRU Marcella	Ingegneria Industriale	XXVII	Baratti
• RIZZARDINI Simone	Ingegneria Industriale	XXVIII	Mascia
• SAIU Giuliano	Ingegneria Industriale	XXIX	Grosso
• SECHI Elisa	Scienze e Tecnologie per l'Innovazione	XXIX	Vacca
• STERITI Alberto	Ing. Scienze Ambientali	XXVI	Cao
• TARIS Alessandra	Ingegneria Industriale	XXIX	Grosso

#### **Docenti ospiti**

- Jesus ALVAREZ                      Universidad Autonoma Metropolitana – Itzapalapa, Mexico D.F., Mexico
- Santiago CUESTA LOPEZ            Universidad de Burgos, Spain
- Liviu MARSAVINA                    University of Timisoara, Romania
- Michela MULAS                      Helsinki University of Technology, Finlandia
- Javier LANOS LOPEZ                Universidad de Castilla la Mancha, Spain
- José ROMAGNOLI                    Louisiana State University, USA

Diversi membri del Dipartimento ricoprono incarichi di rilievo nel campo della didattica, della ricerca e dell'organizzazione accademica. In particolare:

- Il prof. Roberto BARATTI è il coordinatore del corso di dottorato di ricerca in Ingegneria Industriale, vicedirettore del Dipartimento, presidente del Collegio di Disciplina dell'Ateneo ed è il Rappresentante dell'Università di Cagliari nel Consorzio Interuniversitario Nazionale HTR.
- Il prof. Filippo BERTOLINO ricopre la carica di Presidente del CCS in Ingegneria Meccanica.
- Il prof. Giacomo CAO ricopre le seguenti cariche: Direttore del Centro Interdipartimentale di Ingegneria e Scienze Ambientali (CINSA) dell'Università di Cagliari; Componente della Giunta del Consorzio Interuniversitario Nazionale "La Chimica per l'Ambiente" e Direttore del Laboratorio di Cagliari dello stesso Consorzio; Direttore dell' Unità di Ricerca di Cagliari del Dipartimento Energia e Trasporti del CNR; Coordinatore del Dottorato in Ingegneria Biomedica; Coordinatore del Dottorato in Scienze e Tecnologia per l'Innovazione.
- Il prof. Giorgio CAU ricopre le seguenti cariche: responsabile scientifico del laboratorio Tecnologie solari a concentrazione e Idrogeno da FER del Cluster Energie Rinnovabili di Sardegna Ricerche; membro del consiglio

scientifico del Consorzio ITQSA (Consorzio di Ricerca per il Distretto Tecnologico Innovazione, Qualità e Sicurezza degli Alimenti) presso la Regione Abruzzo. È inoltre presidente del Comitato di indirizzo del Corso di laurea in Ingegneria Meccanica.

- Il prof. Francesco GINESU, oltre ad essere il Direttore del Dipartimento, è membro del Senato Accademico.
- Il prof. Natalino MANDAS è il coordinatore del corso di dottorato di ricerca in Progettazione Meccaniche.
- Il prof. Roberto ORRÙ è il Rappresentante dell'Università di Cagliari nel Consorzio Interuniversitario Nazionale "La Chimica per l'Ambiente", Coordinatore del Dottorato Internazionalizzato in Ingegneria e Scienze Ambientali e ricopre la carica di Presidente del CCS in Ingegneria Chimica dal 01/03/2013.
- Il prof. Ulrico SANNA è il coordinatore del corso di dottorato di ricerca in Tecnologie per la Conservazione dei Beni Architettonici e Ambientali.
- Il prof. Massimiliano Pau ricopre la carica di Referente per la Qualità della Facoltà di Ingegneria e Architettura.

## **Descrizione delle Linee di Ricerca del Dipartimento**

Nell'anno 2014 le varie attività svolte da ricercatori del DIMCM hanno riguardato le seguenti linee di ricerca:

### **Meccanica Applicata**

#### Automazione a Fluido

L'attività di ricerca svolta ha riguardato la valutazione delle azioni dissipative e di attrito in elementi pneumatici quali attuatori lineari e valvole di controllo. Lo studio ha portato alla ideazione ed alla progettazione di prototipi per l'ottimizzazione del comportamento di tali componenti fondamentali. In particolare lo studio ha consentito, in collaborazione con il Politecnico di Torino, di definire condizioni e sistemi in grado di massimizzare la vita di sistemi e componenti. Lo studio di ricerca ha inoltre consentito di valutare l'applicabilità di elementi fluidici a sistemi industriali.

#### Meccanica Applicata all'agricoltura

L'attività di ricerca e realizzativa di prototipi operativi, di cui si è validato e valutato l'efficienza, ha riguardato il settore della raccolta e separazione dello zafferano di Sardegna. I prototipi, realizzati sono in grado di operare e, previa industrializzazione, di essere proposti per la produzione.

#### Meccanica Applicata alla Biomedica

Nell'ambito della Meccanica Applicata alla Biomedica si è ideato e realizzato un sistema mecatronico indossabile per la diagnostica e la tele-assistenza sanitaria in aree turistiche, caratterizzato da un insieme di embedded devices per il rilevamento non invasivo e remoto del profilo cardiodinamico in soggiornanti in condizioni di acuzie o pre-acuzie cardiovascolare. Tale ricerca è stata condotta in stretto contatto con il Laboratorio di Medicina dello Sport "Mario Aresu" e aziende del settore della Ortopedia e della meccanica di precisione.

Nell'ambito della Meccanica Applicata alla Biomedica si sono sviluppati prototipi e sistemi innovativi per la salvaguardia ed il recupero funzionale della attività circolatoria in soggetti motulesi. Lo studio, in collaborazione con il Politecnico di Torino e con aziende sarde del settore, ha portato alla realizzazione di sistemi testati in laboratorio e su soggetti motulesi nell'ambito di protocolli definiti da personale medico in strutture attrezzate. Tale attività è stata svolta in collaborazione con il Laboratorio di Fisiologia degli Sport del Dipartimento di Scienze Mediche dell'Università degli Studi di Cagliari.

#### Studio e ottimizzazione dei componenti di rover in ambiente ostile

L'attività di ricerca ha riguardato l'ottimizzazione geometrica e funzionale dei componenti di un veicolo lunare destinato a mansioni di sgombero di un'area. La metodologia utilizzata per la ricerca integra la modellazione parametrica CAD con programmi CAT per la determinazione dei parametri funzionali e con l'analisi FEM per le verifiche strutturali.

#### Sintesi, analisi e applicazione dei meccanismi ad architettura parallela.

I robot ad architettura parallela presentano indiscutibili vantaggi rispetto alla contro parte seriale. D'altro canto essi presentano notevoli difficoltà di modellazione matematica della loro cinematica, statica e dinamica.

La ricerca verte sulla modellazione matematica di meccanismi robotici ad architettura parallela con in particolare le seguenti tematiche:

1. Analisi e sintesi di meccanismi paralleli a più modi di operare, multi-loop e deployable;
2. Calibrazione di meccanismi paralleli ridondanti nell'attuazione;
3. Dinamica dei robot paralleli;
4. Applicazione delle architetture parallele a dispositivi riabilitativi.

### **Ingegneria Strutturale**

#### Controllo degli sforzi dinamici attraverso limitatori di inerzia

L'attività di ricerca svolta ha riguardato la possibilità di ridurre gli sforzi in campo dinamico e sismico attraverso dei sistemi di disconnessione di masse attive non strutturali. La disconnessione è permessa da opportuni dispositivi a comportamento rigido-plastico, che mantengono un collegamento rigido delle masse sotto azioni di bassa entità e si plasticizzano invece per livelli di forze prestabiliti, comportando da un lato la riduzione delle forze di inerzia sulle masse strutturali e dall'altro forti dissipazioni di energia in campo plastico. L'efficacia del metodo viene valutata attraverso i risultati di modellazioni numeriche che considerano la soluzione di equazioni non-lineari del moto sotto terremoti reali. I risultati della ricerca sono stati pubblicati negli atti di due convegni internazionali e sono in pubblicazione su due riviste internazionali.

#### Modellazione dell'azione dinamica laterale prodotta dal moto delle persone sulle strutture pedonali

La ricerca si inserisce nell'ambito dello studio delle vibrazioni indotte dal moto dei pedoni su strutture snelle. In particolare, vengono analizzati diversi modelli presenti in letteratura per modellare le forze laterali prodotte dai pedoni in moto. Con riferimento al case-history della passerella pedonale del Mediolanum Center di Assago, è stato studiato il fenomeno di sincronizzazione struttura-pedoni mettendo in evidenza che l'applicazione delle normative internazionali

ES ISO 10137 portano a valori di accelerazione non cautelativi. L'adozione di altri modelli presenti in letteratura per simulare l'azione dei pedoni, risulterebbe invece più cautelativa. La ricerca ha condotto alla proposta di modifiche migliorative per la verifica delle strutture pedonali. La ricerca è stata sviluppata anche nell'ambito di una tesi magistrale e i risultati della ricerca porteranno a pubblicare due lavori nell'anno 2014.

#### Identificazione di danno strutturale attraverso prove dinamiche

Il presente lavoro di ricerca è svolto in collaborazione con un docente appartenente ad altro settore disciplinare e coinvolge anche il lavoro di un dottorando. Si tratta di un lavoro che prevede prove sperimentali e numeriche su materiali compositi o di tipo sandwich e che intende sondare l'efficienza delle tecniche standard, basate su metodi dinamici, di individuazione del danno su materiali di nuova concezione. La ricerca, che coinvolge anche l'Università di Cracovia, è ancora nella fase iniziale e si prevede di arrivare entro il 2014 alla pubblicazione dei primi risultati.

#### Teorie Costitutive in Elastodinamica.

Nuove teorie sono sviluppate in base alle proprietà dispersive del solido eterogeneo. Tecniche analitiche e numeriche di Bloch-Floquet sono applicate all'analisi lineare ed estese in ambito nonlineare. Nelle moderne applicazioni tecnologiche sono frequenti i fenomeni non lineari, dovuti a onde d'urto e carichi dinamici ad alte velocità e frequenze. L'interazione tra fenomeni non lineari e dispersivi, oggetto dell'Analisi Dispersiva Non Lineare è di forte importanza in problemi di impatto e nell'ingegneria sismica. Modelli variazionali sono sviluppati per la determinazione delle proprietà effettive non locali nello spazio e nel tempo.

#### Modellazione dei materiali compositi all'interno della teoria dei mezzi continui.

Tale modellazione si pone a livello di meso- e macro-scala nella modellazione multiscala dei materiali complessi. Lo scopo risiede nel determinare, in base ad un numero minimo d'informazioni microstrutturali (che consistono nel comportamento costitutivo delle fasi, nella loro forma e nella loro distribuzione spaziale), il comportamento macroscopico, effettivo o omogenizzato. Accanto alle proprietà macroscopiche si sono ottenute informazioni aggiuntive a livello microscopico, quali le misure statistiche degli sforzi locali che vengono utilizzati come indicatori della formazione di micro danneggiamenti che possono portare alla crisi del composito a livello macroscopico. Ci si è concentrati sul comportamento elastico e termoelastico considerando anche la presenza di sforzi residui. A livello di microstruttura ci si è focalizzati su dispersioni di inclusioni la cui distribuzione è nota solo a livello statistico (distribuzione casuale/random) e può essere omogenea o disomogenea (materiali a gradiente di funzionalità/functionally gradient materials). Da un punto di vista microstrutturale ci si è posti un problema di base ridiscutendo ed estendendo le principali ipotesi alla base delle più note teorie dei compositi in elasticità, quali la soluzione di Eshelby, l'ipotesi di campo effettivo (effective field), introdotta nella sua prima forma da Mossotti già nel 1850, l'approssimazione "quasi-cristallina" e l'ipotesi di "simmetria ellittica". Come conseguenza, il progetto ha portato a definire una nuova teoria di base della micromeccanica dove le varie ipotesi restrittive possono essere via via eliminate allo scopo di garantire una maggior precisione nella descrizione del comportamento macro- e microscopico del composito, soprattutto per alte concentrazioni delle inclusioni.

#### **Impiantistica Industriale**

##### Utilizzo di sistemi RFID per il miglioramento della logistica in ambito sanitario

Il tema di ricerca ha come obiettivo lo studio e la sperimentazione di un innovativo modello di gestione delle scorte ematiche, basato su una reingegnerizzazione dei processi che integri nuove tecniche di gestione e moderni strumenti tecnologici come i sistemi di identificazione a radio frequenza (RFID), opportunamente sviluppati per la particolare applicazione. La ricerca sarà orientata alla realizzazione di un "sistema innovativo" da sperimentare presso l'Azienda Ospedaliera Brotzu di Cagliari. Il progetto, nelle sue fasi iniziali, prevede l'analisi dei processi della blood supply chain, ed una fase di risk assessment, attraverso le metodologie FMECA (Failure Mode, Effects and Criticality Analysis) e CREA (Clinical Risk and Error Analysis). In seguito sarà effettuata una reingegnerizzazione del processo che preveda l'utilizzo di un sistema RFID, sviluppato ad hoc, per l'identificazione delle sacche ematiche. Attraverso l'utilizzo di opportuni KPI (Key Performance Indicators), saranno valutati i risultati attesi in termini sia di miglioramento delle performance logistiche, sia del livello di sicurezza del servizio.

#### **Impianti a fonti rinnovabili**

##### Impianti solari termodinamici di media taglia.

Questa attività di ricerca è volta a studiare le prestazioni di impianti solari a concentrazione (Concentrating Solar Power, CSP) di media potenza, basati su unità di produzione di energia elettrica con cicli Rankine a fluido Organico (ORC) integrate con collettori solari a concentrazione lineare, sia di tipo parabolico che Fresnel. Gli impianti CSP analizzati utilizzano olio diatermico come fluido termovettore e come un sistema di accumulo termico diretto a doppio serbatoio. Gli impianti CSP di media taglia (circa 1 MWe) possono risultare di grande interesse per le regioni nelle quali vi è la difficoltà di reperire le grandi estensioni di territorio richieste dagli impianti CSP di grande taglia (un impianto CSP da 50 MWe richiede una disponibilità di territorio dell'ordine di 200-250 ettari). I risultati degli studi dimostrano che gli impianti CSP con collettori Fresnel lineari offrono maggiori valori di produzione elettrica per unità di superficie di terreno occupata (dell'ordine di circa 55-60 kWh/anno per m<sup>2</sup> di terreno occupato). Al contrario, in virtù della loro

migliore efficienza ottica, i collettori parabolici offrono migliori valori di produzione elettrica per unità di superficie di collettore solare (circa 180-190 kWh/m<sup>2</sup>). Nell'ambito del solare termodinamico di media taglia, il DIMCM ha anche fornito il supporto tecnico-scientifico alla progettazione di tre impianti solari termodinamici da circa 600 kW finanziati dalla Regione Autonoma della Sardegna nell'ambito degli interventi di cui al POR FESR 2007-2013, Asse III, Energia, volti a sperimentare e diffondere modelli di produzione energetica con caratteristiche innovative, con particolare riferimento all'integrazione fra il solare termodinamico e altre fonti di energia rinnovabili ed allo sviluppo di sistemi integrati di produzione e accumulo di energia termica, chimica ed elettrica.

#### Modellazione, controllo e sperimentazione di sistemi innovativi per l'accumulo di energia termica ad alta temperatura

Il progetto persegue il principale obiettivo di ampliare le conoscenze nel campo della caratterizzazione fisica, della modellistica, del controllo e della diagnostica di sistemi innovativi di accumulo termico a calore sensibile di tipo passivo, basati sull'impiego di materiali solidi ad elevata capacità termica e dedicati principalmente all'integrazione con impianti solari a concentrazione (CSP) di nuova concezione che utilizzano fluidi termovettori gassosi. Tali sistemi consistono essenzialmente in un serbatoio contenente un letto solido granulare attraverso il quale viene veicolato, nei due possibili versi di percorrenza, il fluido termovettore. I sistemi di accumulo passivo a fluido termovettore gassoso operanti secondo il principio del termoclino, come pure gli stessi impianti CSP basati su fluidi termovettori gassosi, sono da tempo oggetto di interesse della comunità scientifica ma si trovano in una fase di sviluppo poco avanzata che richiede ancora notevoli approfondimenti.

Il progetto di ricerca, finanziato dalla L.R. 7/2007, coinvolge due unità operative facenti capo al DIMCM (referente) e al DIEE. Esso si articola in diverse attività concernenti principalmente: lo sviluppo di modelli matematici relativi ai sistemi di accumulo termico a letto solido, l'individuazione di schemi e algoritmi che permettano un'efficiente ed efficace gestione dei sistemi di accumulo termico a letto solido tenendo conto della variabilità delle condizioni operative e ambientali che influenzano il processo, la sperimentazione su un impianto pilota realizzato presso i laboratori del DIMCM operante in circuito aperto e utilizzante l'aria come fluido termovettore, l'analisi delle prestazioni di impianti solari termodinamici integrati con sistemi di accumulo termico a letto solido di differente configurazione.

#### Modellazione, simulazione e sperimentazione di sistemi per l'accumulo di energia termica a media e alta temperatura mediante materiali in transizione di fase (PCM)

Il progetto di ricerca riguarda la modellazione e la simulazione numerica e la sperimentazione di sistemi innovativi per l'accumulo dell'energia termica (TES) a media e ad alta temperatura con tecnologie basate sui cosiddetti PCM (Phase Change Materials).

Il tema dell'accumulo dell'energia termica (e dell'energia più in generale) è di grande attualità e si inserisce strategicamente nell'ambito del programma quadro Horizon 2020, in particolare nell'asse "*Societal Challenges*" (programma "*Secure, clean and efficient Energy*"), perché strettamente correlato allo sviluppo e alla diffusione delle tecnologie innovative di risparmio energetico e delle energie rinnovabili, specie di quelle non programmabili.

Il progetto si articola in diverse attività concernenti principalmente: la scelta dei materiali idonei (campi di temperatura e di applicazione, caratteristiche di fusione e solidificazione, cicli termici, compatibilità con altri materiali, vita utile, ecc.), sviluppo di sistemi di accumulo, apparecchiature e dispositivi (analisi numerica, modellazione e simulazione, realizzazione e sperimentazione), valutazione numerica e sperimentale del deterioramento durante cicli ripetuti di carica e scarica, identificazione dei criteri di gestione e controllo ottimale in funzione del tipo di PCM e dell'applicazione, miglioramento delle prestazioni mediante tecniche di incremento dell'efficacia dello scambio termico.

Ai fini della sperimentazione è stato realizzato, presso i laboratori del DIMCM, un impianto sperimentale che consente la sperimentazione di sistemi TES-PCM con capacità di accumulo fino a 300 kWh e oltre, con potenza di carica di 40 kW e operanti fino a temperature di 350 °C.

In questo contesto sono state inoltre attivate, alcune collaborazioni con università e centri di ricerca nazionali e internazionali (tra cui in particolare l'Università di Lleida e la Plataforma Solar de Almeria in Spagna e l'Università di Firenze).

#### Impianti solari termici per produzione di acqua calda a bassa e media temperatura.

Il solare termico, trova attualmente l'applicazione più semplice e conveniente per la produzione di acqua calda a bassa e media temperatura (50-100 °C) e rappresenta una quota di risparmio non irrilevante agli effetti del bilancio energetico nazionale. Infatti, a fronte di un consumo interno lordo annuo di energia pari a circa 196 Mtep (226,37x10<sup>10</sup> kWh), il consumo energetico per questo tipo di impiego ammonta a circa 28.5 Mtep (14.5% del consumo interno lordo) e la quota relativa alla produzione della sola di acqua calda sanitaria esclusa quella attualmente già prodotta con fonti rinnovabili, è di circa 2.6 Mtep (3,016x10<sup>10</sup> kWh). Oltre alle questioni di carattere ambientale, considerazioni di carattere economico, impongono un'analisi approfondita dei sistemi alternativi per il soddisfacimento dei fabbisogni termici relativi a questi consumi nostro paese. A tal fine, nell'ambito di questa ricerca, sono analizzate le tecnologie alternative, disponibili sul mercato, in particolare sono considerati i sistemi solari termici, le pompe di calore per la sola produzione di acqua calda a bassa e media temperatura e infine i sistemi solari termici integrati con pompa di calore. Per ognuno degli impianti esaminati sono eseguite delle simulazioni mediante il codice TRNSYS® e altri codici commerciali per valutarne le prestazioni. Infine è viene effettuato il confronto tecnico-economico di questi sistemi alternativi con gli impianti ancora oggi molto diffusi nel nostro paese, come gli scaldacqua elettrici, le caldaie alimentate



con gas Metano o GPL quest'ultimo confronto riveste particolare importanza per quelle regioni, come la Sardegna, non ancora servite dal metano. In questo ambito nel progetto di ricerca "Proposta di un sistema competitivo e flessibile per la riduzione del fabbisogno e l'ottimizzazione della gestione energetica dell'Azienda Ospedaliera G. Brotzu", finanziato dalla Regione Sardegna (Legge Regionale 7-8-2007 N°7) e portato avanti dal DIMCM in collaborazione con l'Azienda Ospedaliera Brotzu (AOB) è stata analizzata la possibilità dell'impiego del solare termico a bassa e media temperatura per la produzione dell'acqua calda sanitaria per l'intera struttura ospedaliera.

#### Impianti solari termici per il solar cooling in ambito civile e industriale.

L'utilizzo dell'energia solare per il rinfrescamento degli ambienti (Solar Cooling), con l'impiego di macchine ad assorbimento, appare oggi una notevole opportunità, sia economica sia ambientale. Infatti queste macchine, oltre a impiegare fluidi non responsabili della degradazione dell'ozono atmosferico, presentano, rispetto a quelle a compressione di vapore, i seguenti vantaggi:

- richiedono una minima quantità di energia elettrica per il loro funzionamento;
- mantengono buone prestazioni anche ai carichi parziali;
- presentano bassa rumorosità per l'assenza di vibrazioni;
- sono caratterizzate da un'elevata vita utile, anche superiore a venti anni.

Il ricorso al Solar Cooling è ancora più stimolante poiché la massima richiesta termica è "in fase" con la disponibilità di irradiazione solare.

Nell'ambito di questa ricerca è stato sviluppato un modello matematico e costruito il relativo codice di calcolo in ambiente Matlab®, GUI® e Simulink®, per la simulazione del funzionamento di macchine frigorifere a singolo effetto con coppia di lavoro (LiBr/H<sub>2</sub>O) alimentate ad acqua calda, alle temperature tipiche dei collettori solari termici. L'obiettivo è quello di realizzare "uno strumento" in grado di simulare il ciclo termodinamico di funzionamento delle macchine, che possa rappresentare un valido ausilio in fase di progetto e sviluppo di nuove macchine e che permetta di analizzare l'influenza delle prestazioni dei singoli componenti sulle prestazioni globali della macchina.

#### Simulazione termo-fluido-energetica degli edifici civili e industriali per il risparmio energetico.

La simulazione termo-fluido-energetica, in regime dinamico, del comportamento termico dell'edificio rappresenta una scelta obbligata per valutare meglio le cause che determinano i consumi e predisporre le necessarie azioni di risparmio energetico. In sintesi, i vantaggi che si possono ottenere attraverso l'approccio modellistico-numerico sono i seguenti:

- verifica consumi energetici: con l'ausilio della simulazione dinamica è possibile verificare se i consumi rilevati sono compatibili con quelli ottenuti applicando rigorosamente le disposizioni della normativa vigente. In questo modo, incrociando i dati ottenuti con l'audit con i risultati delle simulazioni, è possibile razionalizzare l'uso corretto degli impianti in modo da ottimizzare i consumi energetici e minimizzare gli sprechi.
- analisi risultati dell'audit: l'audit energetico, da solo, non è in grado di fornire tutte le informazioni necessarie per capire la causa dei consumi registrati. È pertanto necessario utilizzare la simulazione dinamica come strumento di analisi, con lo scopo di indagare le cause che generano tali consumi per indirizzare le strategie da mettere in atto in modo da conseguire gli obiettivi di ottimizzazione della gestione impiantistica e di risparmio energetico.
- analisi degli interventi: infine, con la simulazione dinamica, è possibile verificare in tempi rapidi i possibili interventi di miglioramento. Soprattutto nel caso di strutture molto complesse, i rischi connessi alla non riuscita di un intervento di retrofit possono comportare rilevanti perdite economiche. Con l'approccio modellistico è possibile testare su un modello virtuale dell'edificio tutte quelle possibilità impiantistiche che si vogliono implementare, con il risultato di avere dati più attendibili con i quali impostare analisi economiche che abbiano un miglior riscontro con la realtà.

Nella prima fase della ricerca nell'ambito del progetto di ricerca "Proposta di un sistema competitivo e flessibile per la riduzione del fabbisogno e l'ottimizzazione della gestione energetica dell'Azienda Ospedaliera G. Brotzu", finanziato dalla Regione Sardegna (Legge Regionale 7-8-2007 N°7) e portato avanti dal DIMCM in collaborazione con l'Azienda Ospedaliera Brotzu (AOB), sono stati impiegati il codice TRNSYS, Energy Plus e Design Bulder per modellare tutta la struttura dell'AOB. Infine è presentato il confronto tra i dati elaborati nella fase di audit con i risultati ottenuti dalle simulazioni numeriche.

#### Simulazione del processo di essiccazione dei prodotti granulari.

L'essiccazione dei prodotti granulari prima della loro conservazione costituisce uno delle fasi più importanti della filiera cerealicola. Con l'entrata in vigore del D.L. 155/97 che ha introdotto il sistema HACCP (Hazard Analysis Critical Control Point), il controllo non viene fatto solo sul prodotto finito, ma anche sulle fasi antecedenti, cioè sulle materie prime e sul processo di lavorazione. Pertanto assieme al miglioramento del prodotto in campo, effettuato attraverso studi di genetica, tesi a selezionare le varietà che presentano i migliori indici merceologici e qualitativi e la maggiore resistenza in campo nei confronti di attacchi di parassiti, si deve effettuare anche una corretta essiccazione prima dello stoccaggio delle granaglie, per conservarne le qualità. L'essiccazione di un prodotto granulare consiste nella separazione parziale di un liquido, nella fattispecie acqua, da un materiale solido poroso composto da glucidi, lipidi, proteine e sali minerali, che avviene mediante trasferimento di molecole d'acqua dal chicco all'aria circostante, favorito dalla differenza di pressione parziale del vapore d'acqua tra la superficie del prodotto da seccare e l'aria. Il processo può avvenire secondo due modalità: naturale o artificiale. Nel primo caso il mezzo essiccante è l'aria ambiente che mediante convezione naturale permette al prodotto di cedere parte dell'acqua contenuta in esso. L'essiccazione artificiale è

ottenuta per convezione forzata d'aria calda secca attraverso uno strato di granaglie di spessore opportuno. Questo permette di diminuire rapidamente la quantità di acqua dei cereali raccolti umidi ed evitare così le alterazioni caratteristiche dei prodotti ammassati fortemente idratati come l'ossidazione dei glucidi (idrati di carbonio), le fermentazioni intercellulari, gli sviluppi di batteri o le muffe generalmente accompagnate da riscaldamento naturale.

In questa ricerca, finanziata dalla Regione Sardegna nell'ambito dei finanziamenti per la ricerca nei paesi in via di sviluppo, è stato realizzato un codice di calcolo numerico, sviluppato per la simulazione del processo di essiccazione di cereali in letto fisso. Il modello matematico realizzato, in questa prima fase adatto per flussi mono dimensionali, è costituito dal sistema delle equazioni differenziali non lineari alle derivate parziali (EDP), che esprimono il bilancio di massa e di energia del letto di essiccazione. Il sistema di equazioni è stato risolto usando il metodo alle differenze finite, con un processo iterativo predictor-corrector. Per la validazione del metodo proposto sono stati impiegati risultati sperimentali presenti in letteratura e relativi all'orzo e l'accordo con i risultati numerici è abbastanza soddisfacente.

#### Impianti ibridi con accumulo di idrogeno.

Nei sistemi di generazione elettrica in isola alimentati con fonti rinnovabili, intermittenza delle fonti di energia solare ed eolica rende necessario l'utilizzo di dispositivi di accumulo dell'energia. L'accumulo dell'energia basato sulle tecnologie dell'idrogeno è una delle opzioni più interessanti. In tal senso, le attività di ricerca in questo settore sono volte ad analizzare le prestazioni dei sistemi di generazione isolati nei quali l'eccesso di produzione elettrica derivante dalle turbine eoliche e dai moduli fotovoltaici viene utilizzato dai generatori di idrogeno di tipo PEM. L'idrogeno prodotto viene accumulato allo stato gassoso in serbatoi pressurizzati e utilizzato in celle a combustibile PEM per produrre energia elettrica quando richiesto dagli utenti finali. Il sistema di accumulo ad idrogeno è inoltre integrato con un sistema di accumulatori elettrochimici. In particolare, lo studio dei sistemi ibridi con accumulo ad idrogeno è stato sviluppato con riferimento alla microrete sperimentale sulle tecnologie dell'idrogeno attualmente in fase di realizzazione presso il Cluster Energie Rinnovabili di Sardegna Ricerche nei pressi di Cagliari. Nel corso della ricerca sono state valutate le prestazioni attese dall'impianti e proposte soluzioni migliorative per l'implementazione della piattaforma e per la sua gestione ottimale.

#### Impianti di generazione elettrica da biogas.

Il DIMCM ha collaborato alla valutazione sperimentale di un processo di digestione anaerobica che utilizza scarti di frutta e di vegetali per la produzione di biogas, successivamente utilizzabile come combustibile in un motore a combustione interna. Lo studio sperimentale è stato condotto per un periodo di circa sei mesi utilizzando gli scarti provenienti dal Mercato Ortofrutticolo di Cagliari e valutando i parametri di funzionamento più adatti del processo a seconda della disponibilità di diversi tipi di frutta e verdura. Nel complesso, il carico organico ottimale del processo è risultato pari a circa 2,5-3,0 kgVS/m<sup>3</sup>d con una produzione di specifica di biogas di circa 0,78 Nm<sup>3</sup>/kgVS e una resa di metano di circa 0,43 Nm<sup>3</sup>/kgVS. I risultati dello studio sperimentale sono stati usati per una valutazione preliminare delle prestazioni di un impianto di digestione anaerobica fondo scala per il trattamento di tutti i rifiuti ortofrutticoli prodotti dal mercato all'ingrosso di Sardegna (9 t/d), per il quale sarebbe necessario un impianto di cogenerazione con una potenza di circa 42 kWe con una produzione elettrica annua di circa 300 MWh/anno (circa il 25 % dei consumi interni del mercato all'ingrosso).

#### Apparati di captazione e conversione dell'energia del moto ondoso OWC con turbina Wells

Il DIMCM dispone di un'apparecchiatura sperimentale per la simulazione del funzionamento non stazionario di un dispositivo di captazione del moto ondoso del tipo a colonna d'acqua oscillante (OWC), con turbina Wells. Su tale apparecchiatura sono state condotte delle campagne di prova per analizzare il flusso a monte e valle della turbina Wells in condizioni di flusso non stazionario. Al tempo stesso si conducono anche delle simulazioni CFD per meglio comprendere il comportamento di tale schiera in tali condizioni di funzionamento.

Le simulazioni sono state effettuate tenendo conto sia della geometria del sistema di captazione e generazione sia delle condizioni di flusso periodico e bi-direzionale attraverso la turbina con caratteristiche del tutto simili a quelle presenti nei reali dispositivi OWC. Ciò ha permesso di verificare e meglio comprendere gli effetti inerziali del flusso osservati sperimentalmente e che determinano una isteresi sul comportamento aerodinamico della schiera. I risultati delle indagini sperimentali ha permesso di individuare una correlazione utile per controllare le condizioni di incidenza del flusso in modo da operare in prossimità delle condizioni di miglior rendimento aerodinamico della schiera rotativa. Tale sistema implementato sul dispositivo sperimentale ha evidenziato la necessità di una riprogettazione del sistema di generazione per minimizzare le azioni inerziali del sistema rotante che rendono poco efficace l'azione del controllo della velocità di rotazione della macchina.

#### Utilizzo di fitomasse forestali per usi cogenerativi

La tematica di ricerca si propone di individuare le migliori soluzioni tecnologiche, economiche e ambientali per la progettazione di un impianto di cogenerazione alimentato con biomasse forestali, finalizzato allo sfruttamento e alla valorizzazione energetica della fitomassa presente nel territorio sardo.

Lo studio prevede un'analisi della fitomassa forestale disponibile e una sua caratterizzazione chimico-energetica. Successivamente si procederà ad un'analisi delle tecnologie attualmente in uso per la produzione di energia da biomasse legnose, all'individuazione della soluzione tecnologica ottimale ed infine alla progettazione esecutiva di un impianto

cogenerativo di piccola taglia. L'attività di ricerca si svolge in collaborazione con Ente Foreste della Sardegna e Sartec S.p.A., sulla base di una convenzione triennale col DIMCM.

#### La dissalazione

Nell'ambito di un progetto di ricerca volto a valutare le soluzioni ottimali per la dissalazione dell'acqua di mare, sono stati affrontati i problemi di approvvigionamento idrico di una piccola isola con forte aumento stagionale delle presenze e priva di apporti idrici interni. I temi della individuazione della località di posizionamento dell'impianto di dissalazione, del recupero degli impianti e reti esistenti e abbandonate, la metodologia per la scelta della tecnologia di dissalazione più idonea e l'impiego di fonti rinnovabili per l'alimentazione dell'impianto.

#### Lo stallo rotante nei compressori assiali.

Il problema dell'insorgenza dello stallo rotante e delle interazioni fra il flusso nelle palettature e il flusso nei condotti è stato affrontato. Sono state progettate, costruite e installate delle sonde di pressione totale bidirezionali per provare a caratterizzare un flusso fortemente variabile nel tempo e nello spazio e in particolare modo per valutare, all'interno del rapidissimo transitorio che porta all'instaurarsi dell'instabilità, il ruolo giocato dalla formazione del riflusso dal condotto di valle.

#### Le Reti di teleriscaldamento e teleraffrescamento.

Modellazione in ambiente Matlab-simulink del comportamento di piccole reti di teleriscaldamento e teleraffrescamento per la simulazione del loro comportamento dinamico e la valutazione dei principali indici di efficienza energetici con diverse configurazioni degli impianti motori e frigo.

#### **Tecnologie CCT e CCS per l'uso "pulito del carbone"**

##### Modellazione, sperimentazione e valutazione tecnico-economica di tecnologie CCS post-, pre e ossi-combustione per la riduzione delle emissioni di CO<sub>2</sub> da impianti termoelettrici

Il progetto di ricerca si inquadra nell'ambito degli studi di base volti all'avanzamento delle conoscenze nel settore delle tecnologie CCS (Carbon Capture and Storage) per la riduzione delle emissioni antropiche di CO<sub>2</sub> in atmosfera. Esso persegue il principale obiettivo di ampliare le conoscenze sulle specifiche tecnologie CCS volte alla "de-carbonizzazione" dei combustibili fossili (e di combustibili non fossili di natura organica) mediante processi di cattura della CO<sub>2</sub> post- e pre-combustione e processi di ossicombustione.

Il progetto proposto coinvolge due unità operative, quella di riferimento in capo al DIMCM, l'altra alla Sotacarbo, Società di ricerca per le Tecnologie Avanzate del Carbone. Il progetto si articola in diverse attività che riguardano, in particolare, l'analisi e la valutazione comparativa delle prestazioni energetiche delle tecnologie di generazione elettrica a basse emissioni di CO<sub>2</sub> basate sugli approcci post-, pre- e ossi-combustion, l'analisi e valutazione comparativa delle prestazioni economiche delle suddette tecnologie, verifiche sperimentali delle tecnologie di assorbimento post- e precombustione della CO<sub>2</sub> con solventi a base di ammine.

##### Modellazione e simulazione dei processi di gassificazione a letto fisso e dei sistemi di trattamento del syngas

La ricerca, svolta nell'ambito della "Ricerca di Sistema Elettrico" (RSE), si è articolata secondo due linee di attività: "Modellazione e simulazione dei processi di gassificazione a letto fisso" e "Modellazione dei sistemi di purificazione del syngas e di cattura della CO<sub>2</sub>".

La prima linea di attività ha riguardato lo sviluppo di un modello di simulazione dei processi di gassificazione a letto fisso, di tipo zero-dimensionale stazionario, implementato utilizzando il codice di calcolo Aspen Plus. Il modello si basa su un precedente modello dedicato alla valutazione delle prestazioni dei gassificatori a letto fisso, che è stato opportunamente perfezionato e finalizzato sia alla valutazione delle prestazioni di piccoli gassificatori a letto fisso up-draft alimentati a carbone, in diverse condizioni operative, che al supporto alla progettazione di attività sperimentali in unità pilota di gassificazione. Il modello è stato specificamente adattato alla valutazione delle prestazioni di entrambi i gassificatori presenti in Sotacarbo (pilota e dimostrativo) al fine anche di supportare la progettazione e l'esecuzione delle campagne sperimentali.

La seconda linea di attività ha riguardato la modellazione dei sistemi di purificazione del syngas e di cattura della CO<sub>2</sub> presenti a valle del gassificatore pilota di piccola taglia, con l'obiettivo di ottimizzarne l'integrazione con l'impianto di gassificazione nel suo complesso. Il sistema di purificazione del syngas e di cattura della CO<sub>2</sub> include: un compressore, un riscaldatore elettrico, un processo di desolfurazione a caldo, un sistema di shift conversion, un sistema di rimozione della CO<sub>2</sub> e una sezione di produzione dell'idrogeno.

##### Integrazione di impianti a vapore USC con tecnologie CCS e sistemi solari a concentrazione

Nel corso del progetto di ricerca, svolto nell'ambito della "Ricerca di Sistema Elettrico" (RSE), è stato condotto un ampio e approfondito studio tecnico-economico sulla possibilità e convenienza dell'integrazione tra sistemi di rimozione, trasporto e stoccaggio della CO<sub>2</sub> (Carbon Capture and Storage, CCS) e impianti solari a concentrazione (Concentrating Solar Power, CSP). La tecnologia CCS studiata è basata su un sistema di rimozione della CO<sub>2</sub> con un processo di assorbimento chimico con una soluzione acquosa di MEA in integrazione con un impianto a vapore

ultrasuper critico (USC) alimentato a carbone, mentre l'impianto CSP è basato su collettori lineari Fresnel (FLC) o su collettori parabolici lineari (PTC). L'integrazione comporta l'utilizzo dell'energia termica da solare a concentrazione per la produzione di vapore: a bassa pressione e temperatura da utilizzare per ridurre parzialmente o completamente il vapore da estrarre per la rigenerazione del solvente amminico oppure a medio-alta pressione e temperatura per l'alimentazione diretta del ciclo a vapore.

#### Analisi dell'integrazione di impianti di cattura post-combustione della CO<sub>2</sub> con fonti rinnovabili

Nel corso della ricerca in oggetto, svolta nell'ambito della "Ricerca di Sistema Elettrico" (RSE), è stato condotto un ampio e approfondito studio sulla possibilità e convenienza dell'integrazione tra sistemi Carbon Capture and Storage (CCS) e impianti solari a concentrazione (CSP). La tecnologia CCS studiata è basata su un sistema di rimozione della CO<sub>2</sub> con un processo di assorbimento chimico in integrazione con un impianto a vapore ultrasuper critico (USC), mentre l'impianto CSP è basato su collettori lineari Fresnel.

Lo studio è stato realizzato attraverso complessi modelli di simulazione sviluppati con l'ausilio dei codici commerciali Aspen-Plus e Gate-Cycle per le sezioni USC e CCS e attraverso il codice Meteonorm, oltre che mediante codici di previsione delle prestazioni del campo solare sviluppati "in house", per la sezione CSP, che hanno permesso di quantificare gli effetti dei principali parametri operativi e delle differenti configurazioni adottate sulle prestazioni degli impianti.

#### Impianti con accumulo di syngas da gassificazione del carbone.

L'attività di ricerca, svolta nell'ambito della "Ricerca di Sistema Elettrico" (RSE), ha riguardato l'analisi energetica ed economica di impianti IGCC integrati con una sezione di accumulo del syngas e con una turbina a gas per la copertura dei carichi intermedi e di punta. In questi impianti, una parte del syngas prodotto viene accumulata nei periodi di bassa richiesta elettrica e successivamente utilizzata per la produzione di energia nei periodi di punta (o comunque quanto richiesto dal gestore della rete), pur mantenendo la sezione di gassificazione a carico costante. Inviando a stoccaggio il 5-20% del syngas prodotto dalla sezione di gassificazione è possibile far fronte ai diagrammi di carico con durate del periodo di punta di 2-6 ore/giorno e rapporti fra potenza di base e potenza di punta dell'ordine di 0,35-0,70, ottenendo una penalizzazione sul rendimento globale di circa 2-4 punti rispetto ad un impianto IGCC operante esclusivamente al carico di base. Una analisi economica preliminare evidenzia come il costo medio annuo di produzione dell'energia aumenta del 5-10% rispetto a quello di un impianto IGCC operante esclusivamente a carico costante. Corrispondentemente, il costo marginale di produzione della sola energia di punta assume valori dell'ordine di 100-130 €/MWh.

#### **Studi sulla sicurezza del trasporto della CO<sub>2</sub> in condotte in pressione**

##### Modellazione spazio-temporale di fuoriuscite di gas naturale e di CO<sub>2</sub> da gasdotti accidentalmente danneggiati.

Questa attività di ricerca, svolta nell'ambito di una collaborazione con il CSM (Centro Sviluppo Materiali), riguarda le problematiche del rilascio da condotte in pressione, e la conseguente dispersione nell'ambiente, di CO<sub>2</sub>, pura o in miscela con altri gas, a seguito di rotture accidentali. Allo scopo sono stati preliminarmente analizzati numerosi modelli basati su due diverse famiglie di codici di calcolo: modelli di dispersione di tipo Gauss e modelli CFD, suddivisi a loro volta in codici dedicati alla dispersione e codici di tipo general purpose. È stato quindi affrontato lo studio di casi rappresentativi della fuoriuscita di CO<sub>2</sub> in condizioni supercritiche da un foro su una condotta in pressione simulante il danneggiamento utilizzando il codice gaussiano ALOHA e il codice CFD Ansys-FLUENT. I risultati ottenuti verranno validati mediante analisi sperimentali sul campo svolte su un condotto in piena scala.

##### "Analisi dell'evoluzione spazio - temporale dei fenomeni legati al rilascio e dispersione di gas naturale da gasdotti di grande diametro in concomitanza di eventi di rottura" odellazione spazio-temporale di fuoriuscite di gas naturale e di CO<sub>2</sub> da gasdotti accidentalmente danneggiati.

Questa attività di ricerca, svolta nell'ambito di una collaborazione con il CSM (Centro Sviluppo Materiali), riguarda le problematiche del rilascio da condotte in pressione, e la conseguente dispersione nell'ambiente, di CO<sub>2</sub>, pura o in miscela con altri gas, a seguito di rotture accidentali. Nell'ambito del contratto di ricerca, verrà effettuata un'analisi dell'evoluzione spazio- temporale dei fenomeni legati al rilascio e dispersione di gas naturale da gasdotti di grande diametro (OD>36") eserciti ad alta pressione (p>75 bar) in concomitanza di eventi di rottura degli stessi, tenendo conto delle condizioni operative e ambientali. A tal fine verranno utilizzati strumenti analitico-numeriche per:

- La valutazione della concentrazione di gas naturale nell'ambiente circostante una linea di trasporto a partire da emissioni di diversa natura tenendo conto dei fattori geologico-ambientali che ne condizionano il processo di dispersione;
- Lo studio dei fenomeni di combustione potenzialmente innescata a seguito della fuoriuscita di gas naturale con mappe spaziali di temperatura associate;
- Lo studio dei fenomeni fluidodinamici esterni alla condotta, in particolare il campo di velocità associato ai flussi atmosferici e la loro interazione con il suolo.

#### **Indagine aero-termica sugli stadi di turbina raffreddati; Design ottimizzato ed analisi sperimentale**

##### Analisi sperimentale su palettature di turbina a gas raffreddate

L'attività di ricerca prevede di analizzare sperimentalmente e numericamente le problematiche di raffreddamento nel bordo d'uscita delle palettature di turbina a gas ad alta temperatura. È stata condotta una estesa attività sperimentale su schiere lineari di palettatura di turbina a gas con raffreddamento a film cooling operanti ad alti numeri di Mach, accompagnata da una attività di simulazione mediante codici CFD commerciali. I risultati sperimentali conseguiti saranno completati con ulteriori indagini sperimentali che permetteranno di disporre di una serie di dati utili per la validazione di codici di calcolo CFD. La geometria e il modello di pala sono quelli dello statore di un tipico stadio di alta pressione di turbina a gas, mentre i canali di raffreddamento riguardano la zona del bordo di fuga con 2 serie di fori sul lato in pressione ed eiezione di refrigerante dal bordo di fuga con cutback del trailing edge.

La ricerca deve estendere il confronto anche allo stato termico della palettatura (distribuzione di temperatura e del coefficiente di scambio termico convettivo).

Dopo la validazione dei codici di calcolo saranno analizzate, sempre utilizzando gli strumenti di analisi CFD, nuove configurazioni e geometrie dei canali di raffreddamento al fine di giungere ad una configurazione "ottimizzata". Saranno considerate sia la geometria interna dei canali, sia la posizione dei fori e la geometria del "cutback trailing edge" oltre naturalmente alle condizioni di funzionamento della schiera.

## **Bioingegneria**

### Efficacia di farmaci

Analisi sperimentale e modellistica di bio-reattori per la coltura di colonie cellulari da utilizzare per la valutazione di farmaci potenzialmente efficaci nella terapia oncologica, neuropsichiatrica e cardiovascolare.

### Ingegneria dei tessuti

Analisi sperimentale e modellistica del processo di crescita di biotessuti ingegnerizzati attraverso la coltura in vitro di condrociti e/o cellule staminali adulte (piastre Petri o bioreattore a perfusione) attraverso tecniche di citofluorimetria e conta automatica; effetto della densità di semina, tenore di ossigeno, fenomeno di adesione. Analisi sperimentale e modellistica del processo di crescita di biotessuti ingegnerizzati attraverso la coltura in vitro di cellule staminali adulte attraverso tecniche di citofluorimetria e conta automatica.

### Crioconservazione

Analisi sperimentale e modellistica dei fenomeni chimico-fisici coinvolti nei processi di crioconservazione di sospensioni cellulari: formazione ghiaccio e/o vitrificazione, citotossicità del crio-protettore, stress osmotico, devitrificazione e ricristallizzazione.

### Analisi della postura e del movimento

Valutazione dell'equilibrio, della postura e del movimento in ambito ergonomico, clinico e sportivo, mediante l'impiego di sistemi optoelettronici e sensori inerziali indossabili. Studio dell'interazione piede-terreno in condizioni statiche e dinamiche. Sviluppo di codici per l'analisi automatica di dati provenienti da baropodometria elettronica. Nello specifico, nel 2013 sono state realizzate attività relative a:

- 1) Effetto di protocolli di attività fisica adattata sui parametri cinematici e dinamici del cammino in pazienti affetti da Sclerosi Multipla (in collaborazione con il Centro Regionale Sclerosi Multipla ASL8 e con il Laboratorio di Fisiologia dello Sport, UNICA)
- 2) Caratterizzazione quantitativa del cammino mediante Gait Analysis in individui affetti da Sclerosi Multipla in presenza di spasticità
- 3) Effetto di stimolazioni acustiche ecologiche (E-RAS) sui parametri del cammino in individui affetti da Malattia di Parkinson (in collaborazione con A.O. Brotzu di Cagliari)
- 4) Progetto e realizzazione di una piattaforma hardware/software a basso costo basata sulla Balance Board Nintendo per la riabilitazione dell'equilibrio in individui affetti da SM
- 5) Valutazione del cammino in pazienti SM trattati con il farmaco SATIVEX (Cannabis) (in collaborazione con il Centro Regionale Sclerosi Multipla ASL8)
- 6) Studio dell'equilibrio statico e dinamico in calciatori d'élite in età adulta e giovanile (in collaborazione con il Cagliari Calcio S.p.A.)

## **Nuovi materiali e procedimenti innovativi**

### Sintesi e caratterizzazione di materiali molecolari funzionali

L'attività di ricerca consiste nella sintesi e caratterizzazione di composti di metalli di transizione per applicazioni in ottica non-lineare del second'ordine (1) e in spintronica ed elettronica (2).

1) Per quanto concerne l'ottica non-lineare, sono stati preparati e studiati complessi push-pull eterolettici quadrato-planari, con leganti di tipo ditiofenico, di ioni metallici quali Ni(II), Pd(II) e Pt(II). Questi composti, che presentano valori di ottica non-lineare del second'ordine tra i più elevati riportati in letteratura, sono stati caratterizzati dal punto strutturale e spettroscopico. Lo studio sistematico che è stato condotto, anche con l'ausilio di calcoli teorici, ha portato a chiarire la relazione struttura-proprietà in questa classe di composti. In questo modo è stato possibile comprendere l'effetto che ciascuna parte della molecola (leganti e ione metallico) ha sulle proprietà ottiche, e di acquisire le conoscenze per un design molecolare volto all'ottimizzazione delle stesse.

2) La ricerca sui materiali per spintronica ed elettronica ha riguardato essenzialmente il complesso  $[\text{Ni}(\text{qt})_2]$  (qt = chinolina-8-tiolato) che è stato sublimato in forma di film sottile, su dei chip aventi microelettrodi di Pt depositati su un substrato di biossido di silicio. Su questi dispositivi sono state effettuate misure di magnetoresistenza che hanno evidenziato, per la prima volta su un film sottile di un materiale molecolare, un effetto magnetoresistivo gigante. Si è potuto dimostrare inoltre, che l'effetto è dovuto a una proprietà intrinseca del materiale e non all'architettura del dispositivo.

#### Studio delle relazioni tra microstruttura e proprietà nei materiali nanoporosi

Le relazioni tra microstruttura e proprietà nei materiali nanoporosi, nello specifico i metalli, non sono ad oggi del tutto chiare, in particolare per quanto concerne le proprietà meccaniche: modulo elastico, resistenza a flessione, carico di snervamento, ecc. In questo scenario la modellazione geometrico-matematica è utile al fine di riprodurre le microstrutture studiate, secondo schemi conosciuti ai quali possono essere applicate delle relazioni fisiche ed elaborare delle previsioni che possano poi essere confrontate con i dati sperimentalmente acquisiti. La comprensione del comportamento di questi materiali è quindi utile per un ampliamento dei settori di applicazione e per un miglioramento delle prestazioni stesse.

#### Studio delle relazioni tra microstruttura e proprietà attraverso la modellazione frattale

La porosità dei materiali gioca un ruolo fondamentale sia per quanto concerne le proprietà fisico-meccaniche sia per quanto riguarda la sua resistenza agli agenti di degrado. Nel primo caso, infatti, la presenza dei vuoti nella struttura determina un abbassamento della resistenza a compressione, del modulo elastico e della conducibilità termica, mentre nel secondo caso è il mezzo attraverso il quale si ha la penetrazione dell'acqua per capillarità o permeabilità con il suo eventuale carico di varie specie chimiche in soluzione (sali, gas). La relazione tra struttura e caratteristiche tecnologiche è oggi un concetto ben acquisito e costituisce, soprattutto nei settori più avanzati, un fattore guida dello sviluppo e della messa a punto dei materiali. La Geometria Frattale ha fornito in anni recenti una delle poche vere novità nello studio della microstruttura porosa dei materiali. Il modello frattale è da considerarsi anche uno strumento di monitoraggio e valutazione del degrado dei materiali e un buon metodo per la valutazione di grandezze fisiche senza la necessità di numerosi campionamenti. La struttura progettuale si articola in una fase di studio preliminare delle tematiche legate alla porosità dei materiali in opera in edifici di interesse storico-artistico, di nuova concezione, ma anche materiali avanzati con differenti campi di applicazione, non solo quindi nel settore delle costruzioni, ma anche in quello tecnologico-industriale, ecc. Altro obiettivo sarà lo sviluppo di modelli in grado di simulare materiali con una microstruttura non frattale attraverso una combinazione di unità frattali, facilmente gestibili in quanto caratterizzate dal principio di base dell'autosimilarità su diversi ordini di grandezza della dimensione dei pori, dando un valido supporto per ottenere delle correlazioni con alcune loro caratteristiche tecnologiche e macroscopiche, quali la permeabilità, la trasmissione del calore per conduzione e le proprietà meccaniche.

#### Metodologie per la verifica automatica di tolleranze

L'attività di ricerca ha come oggetto lo sviluppo di metodi per l'analisi automatica delle tolleranze dimensionali e geometriche, in accordo con le normative ISO/ASME, per l'analisi funzionale di componenti meccanici. La ricerca comprende una parte relativa alla messa a punto delle procedure relative alle differenti tipologie di errore geometrico presente nei pezzi prodotti e la verifica di tali procedure mediante misure su componenti reali.

#### Applicazione di metodi di elaborazione di immagini per l'analisi di microstrutture

L'attività di ricerca è relativa all'utilizzo di tecniche di elaborazione di immagini digitali per la analisi locale di materiali che presentano una struttura non omogenea per effetto della presenza di porosità, inclusioni o in quanto aventi una struttura intrinsecamente non omogenea.

Il metodo implementato considera le immagini digitali delle micrografie di sezioni del materiale che vengono elaborate in modo da ottenere delle discretizzazioni che vengono utilizzate per l'analisi strutturale a livello locale del materiale con il metodo degli elementi finiti. La finalità è quella di correlare le informazioni ottenute con il comportamento globale del materiale.

Il metodo è stato applicato a differenti tipologie rivestimenti porcellanati su lamiera in acciaio per valutare le tensioni residue introdotte durante i processi di fabbricazione ed è stato evidenziato l'effetto su tali tensioni delle caratteristiche locali del materiale quali la zona di passaggio graduale tra il metallo ed il rivestimento e la presenza di porosità nel rivestimento.

Nell'ambito di questa ricerca è stata anche considerata l'applicazione di tale metodologia allo studio di schiume metalliche, materiali costituiti da celle le cui caratteristiche, in termini di geometria e distribuzione spaziale, ne determinano il comportamento meccanico. L'indagine comprende preliminarmente l'analisi delle immagini per determinare le caratteristiche relative alla dimensione, forma e distribuzione delle celle. In questo ambito infatti si sta valutando la possibilità di ricavare i parametri per realizzare un modello geometrico di schiuma statisticamente equivalente alla schiuma reale. Le immagini vengono quindi elaborate per analizzare il comportamento meccanico locale a compressione del materiale mediante il metodo degli elementi finiti. Tale indagine verrà quindi correlata con l'analisi del comportamento meccanico di strutture tridimensionali delle schiume ottenute mediante microtomografie.

#### Studio e ottimizzazione dei componenti di rover operante in ambiente ostile

L'attività di ricerca è relativa all'ottimizzazione geometrica e funzionale dei componenti di un veicolo lunare destinato a mansioni di sgombero di un'area. In particolare, nell'ambito di un ampio progetto, l'attività ha riguardato lo studio di una ruota non pneumatica, realizzata con materiali avanzati e caratteristiche geometriche tali da soddisfare l'esigenze dell'ambiente in cui è destinata ad operare. La metodologia utilizzata integra la modellazione parametrica CAD e l'analisi con il metodo degli elementi finiti per la verifica delle prestazioni.

#### Tensioni residue nei materiali isotropi con tecniche ottiche

La tecnica più diffusa per la misura delle tensioni residue è la "tecnica del foro" che consiste nella misura dei campi di spostamento/deformazione generate intorno ad un foro in presenza di tensioni residue. La misura è solitamente effettuata tramite estensimetri a resistenza, ma approcci alternativi sono possibili. Negli anni passati nel DIMCM sono state sviluppati con successo approcci ibridi basati su metodi interferometrici. Malgrado l'elevata sensibilità, questa tecnica di misura è limitata dalla necessità di utilizzare un banco ottico per l'isolamento dalle vibrazioni. Nel corso dell'anno si è cercato quindi di risolvere questo problema sostituendo le tecniche interferometriche con la correlazione digitale di immagini. Malgrado la bassa sensibilità della nuova tecnica di misura, si è riusciti ad ottenere risultati comparabili a quelli delle tecniche interferometriche tramite l'integrazione di funzioni di deformazione specifiche all'interno della formulazione generale. Il risultato finale è un approccio più semplice sia dal punto di vista sperimentale che di trattamento dei dati e nel contempo altrettanto affidabile. La tecnica è stata anche estesa a materiali ortotropi ed il lavoro risultante è già stato accettato ed al momento in corso di stampa. Sono inoltre allo studio approcci incrementali, volti al superamento delle limitazioni nelle profondità di misura intrinseche nel metodo del foro. In questo caso al posto di un foro si ricorre ad un cava anulare che ha la caratteristica di permettere la rimozione del cuore e quindi di riavviare l'analisi.

#### Progettazione di volani ad alta velocità in materiale composito

Le attività di ricerca si inseriscono nell'ambito di un progetto che riguarda lo sviluppo e realizzazione di un dimostratore di un sistema di accumulo di energia a volano (Flywheel Energy Storage System) per veicoli ibridi.

Le attività comprendono l'esame e lo sviluppo di soluzioni ottimizzate per la realizzazione di un volano innovativi in materiale composito, e la progettazione preliminare di un dimostratore di volano in composito, sulla base di proprietà di rigidità, resistenza e frattura dei materiali che verranno ricavate mediante una specifica serie di prove meccaniche.

#### Modellazione del comportamento all'impatto a bassa velocità di laminati e sandwich compositi.

Analisi sperimentale e modellistica della risposta ad impatti a bassa velocità di materiali compositi tipo monolitico (laminati) o sandwich (pelli in laminato composito ed anima in schiuma polimerica a celle chiuse) per la valutazione della resistenza e della tolleranza al danneggiamento in componenti strutturali avanzati

#### Analisi dei meccanismi di rinforzo trasversale mediante cucitura in laminati e giunti in materiale composito.

Le attività di ricerca hanno riguardato la valutazione con diverse tecniche sperimentali dell'efficienza di rinforzi lungo lo spessore (cuciture in fibre aramidiche o di polietilene ad alta resistenza) per il miglioramento delle proprietà a fatica, frattura ed impatto di laminati multidirezionali in fibre di carbonio/resina epossidica.

#### Sviluppo, applicazione e validazione di tecniche di acustica non lineare per la identificazione del danno in materiali compositi

Sono state studiate le potenzialità di tecniche di acustica non lineare per l'identificazione del danneggiamento da impatto in laminati compositi. I metodi investigati si basano sull'analisi degli effetti di modulazione generati, in presenza di non linearità del sistema, dall'interazione tra onde di eccitazione a bassa ed alta frequenza introdotte simultaneamente nel materiale. Le prove sperimentali condotte hanno dimostrato la capacità delle tecniche di acustica non lineare per l'individuazione di fenomeni di danno in strutture realizzate in materiali compositi avanzati.

#### Tecniche sperimentali per l'analisi dei problemi di contatto

La linea di è finalizzata allo sviluppo di tecniche sperimentali per l'analisi dei fenomeni di contatto ed ha come oggetto principale lo sviluppo del metodo ultrasonico, sia dal punto di vista del miglioramento delle prestazioni della tecnica in se che del suo impiego per il monitoraggio di accoppiamenti di interesse ingegneristico. Il metodo ultrasonico, è uno dei pochissimi metodi sperimentali che consentono di ottenere informazioni sullo stato del contatto tra corpi opachi senza la necessità di interporre un terzo elemento tra di essi, sfruttando la caratteristica delle onde ultrasoniche incidenti su un'interfaccia di contatto di essere differentemente riflesse e trasmesse a seconda dello stato di sollecitazione esistente (a parità di altre condizioni). Attualmente non esiste un riferimento universalmente riconosciuto per la misura dello stato di contatto tra i corpi, e le (poche) tecniche disponibili sono viziata da un certo grado di autoreferenzialità. Nell'ambito di una collaborazione con il Tokyo Institute of Technology, è in corso uno studio finalizzato al confronto delle misure ultrasoniche dal confronto con una tecnica ottica basata sulla riflessione totale di luce bianca polarizzata in casi di contatto controllato, al fine della mutua validazione delle tecniche.

Parallelamente è allo studio un'applicazione della tecnica ultrasonica sull'analisi del contatto ruota-rotaia ferroviaria in condizioni realistiche e sugli effetti che lo stato di sollecitazione comporta su elementi interessati da difetti sub superficiali, nell'ambito di una collaborazione con il centro di ricerche delle ferrovie giapponesi RTRI (Railway Technical Research Institute). Inoltre, è allo studio la possibilità di impiego della tecnica al caso del contatto stelo-boccola nei cilindri pneumatici, finalizzato al monitoraggio delle evoluzioni dello stato di contatto dovuto a meccanismi di usura.

#### Sintesi di materiali innovativi anche a struttura nanometrica via SPS

Il progetto di ricerca intendeva portare un contributo significativo allo sviluppo ed alla ottimizzazione della tecnologia innovativa nota con l'acronimo SPS ("Spark Plasma Sintering"), che si sta dimostrando particolarmente promettente per l'ottenimento di materiali massivi, anche a struttura nanometrica, in virtù delle sue peculiari caratteristiche (tempi di processo relativamente brevi e basse temperature, se confrontati con quelli dei metodi tradizionali, accoppiati all'applicazione simultanea di carichi meccanici). Tale tecnologia è stata affiancata ad altre metodologie, come quelle di "Ball Milling" e "Self-propagating High-temperature Synthesis", con l'obiettivo di produrre sia nanopolveri sia verdi, da sottoporre al trattamento di densificazione mediante SPS. Allo studio sperimentale è associata anche un'approfondita analisi modellistica. I sistemi di interesse nell'ambito del progetto sono stati i seguenti: WC-Co, TiC-TiB<sub>2</sub>, NbAl<sub>3</sub>, BaTiO<sub>3</sub> e MgB<sub>2</sub>. Per quanto concerne l'aspetto tecnologico, è importante osservare che mentre la tecnologia SPS è significativamente impiegata in Giappone ed in Corea, essa rappresenta una tecnica innovativa nei paesi europei ed in USA. Nello specifico, allo stato attuale solamente cinque apparati SPS sono disponibili in Europa (Svezia, Germania, Francia, due in Italia di cui uno, appunto, presso il Dipartimento di Ingegneria Meccanica, Chimica e dei Materiali).

#### Sviluppo e ottimizzazione di processi di sintesi di nanopolveri ceramiche da destinare alla realizzazione di prototipi di sensori di gas

L'attività di ricerca ha riguardato lo sviluppo di processi di sintesi autopropagante ad alta temperatura (SHS) per la preparazione di nanopolveri da impiegare alla realizzazione di prototipi di sensori di gas.

I processi SHS, opportunamente accoppiati con tecniche di macinazione in mulini a sfere ad alta energia, sono stati opportunamente ottimizzati per la produzione di vari ossidi, quali BaTiO<sub>3</sub>, LaFeO<sub>3</sub>, SrTiO<sub>3</sub> e SrTi<sub>x</sub>Fe<sub>1-x</sub>O<sub>3</sub>, a struttura nanometrica caratterizzati da elevata sensibilità a diversi tipi di gas, anche inquinanti. Le polveri sintetizzate sono state dapprima sottoposte ai test di deposizione serigrafica su substrati di allumina, allo scopo di verificarne l'idoneità alla realizzazione di film per sensori gas. Inoltre, le proprietà sensoristiche delle polveri prodotte sono state testate per valutare la relativa sensibilità dei film all'ossigeno. I prototipi di sensore realizzati sono stati successivamente sottoposti a caratterizzazione funzionale su banco prova del Centro Ricerche Fiat (CRF). I risultati preliminari hanno dimostrato ottime prestazioni di alcune tipologie di polveri in termini di efficienza, stabilità termica e velocità di risposta rispetto allo stesso materiale ottenuto con metodi convenzionali.

#### Sviluppo di compositi idrossiapatite-vetro bioattivo

L'attività di ricerca è volta alla produzione ed alla caratterizzazione di compositi innovativi costituiti da idrossiapatite e vetro bioattivo, con lo scopo di migliorare le proprietà dei materiali sinterizzati e dei rivestimenti ottenuti a seguito di deposizione delle polveri. L'aggiunta di biovetro all'idrossiapatite può risultare vantaggiosa, in quanto agisce come promotore di sinterizzazione, facilitando il processo di consolidamento con conseguente incremento delle proprietà meccaniche e di bioattività.

#### Sintesi Autopropagante ad Alta Temperatura in Condizioni di Microgravità: Aspetti Sperimentali e Modellistici

La sintesi autopropagante ad alta temperatura coinvolge una serie di fenomeni quali la fusione dei reagenti e dei prodotti, la dispersione del fuso, la coalescenza delle particelle, la diffusione e la convezione di fasi liquide e gassose, il galleggiamento delle particelle solide e la solidificazione dei prodotti liquidi, tutti influenzati in maniera significativa dalla gravità. Pertanto attraverso la rimozione di tali effetti gravitazionali (esperimenti condotti in condizioni di microgravità) è ipotizzabile un migliore controllo del fronte di reazione, con conseguente miglioramento nella microstruttura del prodotto sintetizzato. Inoltre gli esperimenti condotti in microgravità rappresentano la situazione ideale per capire la sequenza di fenomeni coinvolti nella formazione della microstruttura dei prodotti durante la sintesi autopropagante, attraverso il confronto diretto con i risultati ottenuti in condizioni di gravità terrestre. Il progetto di ricerca prevedeva l'analisi teorica dei risultati sperimentali riportati recentemente in letteratura in questo ambito. Tale analisi, basata sull'impiego di opportuni numeri dimensionali, ha consentito la formulazione di possibili spiegazioni delle principali evidenze sperimentali, quali ad esempio la ridotta velocità di propagazione del fronte di combustione in condizioni di microgravità, trovate in questi studi.

#### Tecnologie innovative per la preparazione di materiali UHTC in forma massiva

Per "Ultra High Temperature Ceramics/Composites (UHTC)" si intendono quei materiali ceramici e compositi caratterizzati da temperature di fusione estremamente elevate (superiori a 3000 °C), alta resistenza all'ossidazione e ad attacco chimico, caratteristiche peculiari per i sistemi di protezione termica ("Thermal Protection Systems" o TPS). In questo contesto, particolare interesse è rivolto verso i ceramici e compositi a base di boruri di metalli di transizione



quali diboruro di Zirconio (ZrB<sub>2</sub>) o di hafnio (HfB<sub>2</sub>), considerati potenziali candidati da utilizzare quali TPS nei veicoli spaziali. Il progetto di ricerca proposto intendeva avvalersi di una tecnologia innovativa nota con l'acronimo SPS ("Spark Plasma Sintering"), che si sta dimostrando particolarmente promettente per l'ottenimento di materiali massivi, anche a struttura nanometrica, in virtù delle sue peculiari caratteristiche (tempi di processo relativamente brevi e basse temperature, se confrontati con quelli dei metodi tradizionali, accoppiati all'applicazione simultanea di carichi meccanici). Tale tecnologia è stata impiegata sia da sola, oppure affiancandola ad un'altra metodologia, quella Self-propagating High-temperature Synthesis (SHS), che ha consentito di produrre polveri UHTC da sottomettere successivamente al trattamento di densificazione mediante SPS. I sistemi di interesse nell'ambito del progetto sono stati ZrB<sub>2</sub>-SiC, HfB<sub>2</sub>-SiC, e ZrB<sub>2</sub>-ZrC-SiC ed è stato riscontrato che le tecnologie proposte consentono di ottenere i prodotti finali con tempi ridotti e significativo risparmio energetico rispetto alle tecnologie convenzionali

#### Processi di attivazione meccanochimica

L'attivazione meccanica consente la sintesi diretta in fase solida di composti intermetallici nanostrutturati, fasi metastabili e leghe amorfe. I processi di frantumazione e deformazione inducono un progressivo disordine strutturale con l'accumulo di difetti reticolari quali vacanze, dislocazioni e bordi di grano. La generazione di siti reattivi e stati attivati promuove la mobilità atomica, favorendo così le interazioni chimiche attraverso fenomeni di trasporto di materia alle superfici di contatto che si rigenerano con continuità. La complessa fenomenologia osservata non ha ancora ricevuto adeguata razionalizzazione su basi chimico-fisiche. Una parziale giustificazione a tale fatto è da ricercarsi sia nell'insufficiente caratterizzazione dei processi di macinazione, sia nella scarsa comprensione del comportamento di materiali soggetti a ripetute deformazioni meccaniche. Obiettivo principale dell'attività di ricerca è porre in relazione la cinetica di trasformazione strutturale con i parametri fondamentali di processo e le proprietà fisiche e chimiche del materiale sottoposto a trattamento meccanico.

#### Metamateriali, Smart Materials, Materiali auto-assemblanti.

I Metamateriali e gli Smart Materials sono materiali con microstruttura progettata artificialmente per avere proprietà non raggiungibili dai materiali naturali. Nella Meccanica dei Solidi la modellazione è finalizzata all'ideazione di polarizzatori, filtri e sistemi di isolamento dinamico da onde elastiche, interfacce ad indice di rifrazione negativa, mantelli di invisibilità e superlenti ad altissimo dettaglio. Tecniche di trasformazione geometrica sono applicate per progettare modelli di materiali a gradiente di funzionalità per la creazione di mantelli di invisibilità, concentratori ed attenuatori di energia in 2D e 3D. Si sviluppano interfacce strutturali in grado di polarizzare le onde, di rallentare la propagazione di energia senza penalizzare la trasmissione, di guidare le onde all'interno del mezzo continuo e di ottenere un indice di rifrazione negativa e micropolarità. Si studiano gli effetti nonlineari generati dall'eccitazione dinamica della microstruttura. Sistemi continui lineari connessi nonlinearmemente sono analizzati tramite un approccio energetico locale con lo scopo di sviluppare algoritmi a basso costo computazionale.

#### **Proprietà, durata, degrado e miglioramento dei materiali**

##### Gli antichi forni per la calce in Sardegna

La calce è, con il gesso, uno dei più antichi leganti da costruzione. La Sardegna, terra ricca di affioramenti calcarei, che rappresentano la materia prima per la sua preparazione, si ritrova un interessante patrimonio diffuso in diverse aree della Regione, caratterizzato da numerosi forni (da una prima indagine, attestabile ad almeno 200 unità, spesso piccoli forni di campagna) segno di una fiorente attività commerciale durata decine e decine di anni. Con l'avvento dei prodotti industriali, fra gli anni '50 e '60, questi "antichi" forni vengono dismessi e abbandonati a se stessi. Il problema della conservazione/valorizzazione di queste strutture, importanti esempi di archeologia industriale diffusi su tutto il territorio nazionale, è stato recentemente sollevato dal Forum Italiano Calce che, in collaborazione con l'AIPA (Associazione Italiana per il Patrimonio Archeologico Industriale) ha elaborato un progetto per catalogare gli antichi impianti di produzione della calce. Purtroppo nella maggior parte dei casi questi forni sono soggetti ad un costante degrado e a rischio di conservazione. Come obiettivo principale questo lavoro si prefigge di fare un'anagrafe completa dell'esistente e raccogliere tutte le informazioni relative a questi forni, attualmente molto disperse e legate a soli documenti e immagini redatte da cultori/appassionati locali.

##### Sviluppo di tecniche sperimentali per la misura delle deformazioni

Sono stati sviluppati diversi codici di correlazione digitale di immagini per lo studio delle deformazioni. Sono stati studiati alcuni metodi per limitare gli errori sistematici di misura legati alle tecniche di interpolazione delle intensità luminose. Tali codici sono stati utilizzati per la caratterizzazione meccanica di provini di materiali metallici nel campo delle grandi deformazioni.

#### **Modellazione stazionaria e dinamica di processi**

##### Modellazione di processi chimici in presenza di perturbazioni stocastiche

Processi di interesse dell'ingegneria chimica sono sovente descritti da modelli di natura puramente deterministica che non tengono conto delle inevitabili fluttuazioni presenti nel processo reale. Tali fluttuazioni possono essere legate a molteplici fattori: la presenza di variabili operative non contemplate nelle variabili di stato selezionate e/o le inevitabili variazioni nel processo su cui non si ha possibilità di controllo. Tali fluttuazioni possono essere modellate con un

approccio in cui esse sono descritte come componenti stocastiche che possono essere aggiunte nel modello deterministico. Il risultato di tale operazione è l'implementazione di un'equazione evolutiva per la funzione densità di probabilità delle variabili di stato (Fokker-Planck, FPE). I risultati ottenuti, in forma analitica per le condizioni asintotiche e numerica per le condizioni dinamiche, hanno dimostrato l'influenza della componente stocastica sul processo. In particolare si è registrata la presenza di transizioni di fase e multi-stabilità indotte dalla componente stocastica.

#### Sviluppo di sistemi di controllo predittivi multivariabile per impianti di trattamento di acque reflue

L'attività di ricerca ha riguardato lo sviluppo di metodi di identificazione del modello del processo e applicazione di tecniche di controllo MPC agli impianti a fanghi attivi per il trattamento di acque reflue. L'identificazione è un aspetto importante quando si tratta di sviluppare controllori MPC (Model Predictive Control) perché comporta una serie di test da effettuare in impianto per raccogliere dati rappresentativi delle relazioni tra gli ingressi manipolabili (e i disturbi) e le uscite controllate. Nell'industria chimica l'identificazione viene generalmente effettuata dando delle variazioni a gradino della manipolata e modellando la risposta ottenuta con sistemi lineari. Per poter identificare chiaramente la risposta il sistema non dovrebbe essere perturbato durante il test da altri ingressi (disturbi). Negli impianti di trattamento delle acque reflue tale condizione è impossibile da ottenere in quanto il refluo da trattare varia nell'arco della giornata sia in termini di portata che di concentrazione di inquinanti. Si sono quindi sviluppate delle procedure di identificazione basati sui modelli neurali. Tali modelli sono stati poi utilizzati per sviluppare un controllore MPC con algoritmo DMC (Dynamic Matrix Control). Sono state valutate diverse configurazioni di controllo, variando il tipo e il numero di variabili controllate, per migliorare i processi di rimozione dell'azoto in termini di efficienza e per ridurre i costi di esercizio. La procedura è stata valutata sia su un impianto simulato (BMS1) che su un impianto reale situato ad Helsinki. Il lavoro è stato svolto in collaborazione con la Aalto University (Finlandia).

#### Sviluppo sensori software nonlineari per l'industria di processo.

Con questa attività si è voluto rispondere ad una tipica esigenza dell'industria di processo, dove capita spesso di trovarsi nelle condizioni di non poter acquisire le variabili di processo principali (per esempio, composizioni e indici di qualità di prodotto) o perché manca la strumentazione adeguata, oppure perché tali variabili sono disponibili ad intervalli di tempo inaccettabili per un loro utilizzo in schemi di controllo avanzato. Per ovviare a questo problema possono essere utilizzati sistemi inferenziali (o osservatori o sensori software) per predire i valori delle variabili di processo primarie sulla base di misure di variabili più facilmente misurabili, quali temperature, pressioni, portate, ecc. L'idea è quella di stimare le variabili primarie utilizzando variabili di processo secondarie, facilmente misurabili, accoppiate ad un modello del sistema esaminato. È da tener presente che la maggioranza dei processi chimici presenta un comportamento non lineare, per cui le difficoltà di sviluppo del modello, e la sua successiva integrazione in tempo reale, diventano il problema limitante dello sviluppo dei sistemi inferenziali. In questo ambito sono stati studiati sistemi inferenziali basati su un modello, a "principi primi", semplificato del processo in esame utilizzato in unione con un algoritmo di stima. L'algoritmo di stima, di tipo non lineare, è stato costruito utilizzando l'osservatore geometrico e il sistema inferenziale risultante è attualmente in linea alla SARLUX.

#### Tecniche chemiometriche per l'analisi di prodotti

L'utilizzo di tecniche chemiometriche per l'analisi di indici di qualità sta diventando sempre più diffusa nel mondo industriale, visti i tempi associati a tale analisi. Allo stato attuale i modelli necessari per la stima partendo da misure di assorbimento sono sviluppati utilizzando una nuova tecnica: Supervised Distance Preserving Projections. I risultati ottenuti, utilizzando sia benchmark sia dati industriali, hanno dimostrato la validità della tecnica proposta garantendo lo sviluppo di modelli con accuratezze paragonabili a quelle ottenute con le tecniche standard ma con un numero di parametri inferiore. Implementazione di metodologie di controllo statistico per il controllo di qualità su misure spettroscopiche FTIR di fluidi commerciali. In particolare, il set di spettri FTIR è descritto in termini di un modello PCA che permette di ridurre il numero di variabili originali (fortemente correlate tra loro) ad un insieme di variabili artificiali di dimensioni inferiori, e di più agevole sintesi interpretativa.

#### Tecniche chemiometriche per la diagnostica clinica.

Si intende dedurre lo stato di avanzamento di patologie cliniche partendo da misure di biofluidi e tessuti che possono potenzialmente fornire un'informazione indiretta dello stato di salute (spettroscopia NMR, GCMS, image analysis). Alla singola osservazione è in genere associata una misura multivariata di dimensione elevata che può risultare di difficile interpretazione. Lo scopo della presente ricerca è lo sviluppo di algoritmi che permettano di sintetizzare le variabili misurate con un numero limitato di variabili astratte indipendenti ricavate tramite protocolli statistici consolidati (es: PCA e/o PLS) e tecniche di pattern recognition che permettano di confrontare più gruppi di osservazioni.

#### Cristallizzazione mediante antisolvente

La tecnica di cristallizzazione è un'operazione estremamente interessante che può produrre prodotti solidi di elevata purezza e qualità a costi relativamente contenuti. È una tecnica estensivamente usata nell'ambito dell'industria alimentare e dell'industria farmaceutica per separare i principi attivi dei medicinali dal solvente.

Di estremo interesse in questo ambito sono le tecniche di cristallizzazione per antisolvente, dove un agente precipitante è aggiunto alla soluzione che si vuole separare riducendo quindi la solubilità del solvente e la combinazione di antisolvente e temperatura. Il risultato finale è una sovrasaturazione del soluto che si intende estrarre e la conseguente precipitazione. Tali procedure permettono di controllare granulometria e struttura del prodotto finale, poiché le variabili manipolabili nel processo (concentrazione dell'antisolvente, temperatura) sono facilmente accessibili.

Una comprensione più dettagliata del comportamento dinamico della cristallizzazione per antisolvente/temperatura può permettere l'implementazione di sistemi di controllo "model based" ed ottimizzare quindi le condizioni operative per la migliore qualità del prodotto finale. Per questo motivo durante quest'anno è stato ulteriormente sviluppato un modello del processo utilizzando un approccio stocastico (Fokker-Planck, FPE) dove i parametri del modello deterministico sono funzione delle variabili operative, portata di antisolvente e temperatura. Questo modello ha permesso di evidenziare regioni di molteplicità, rispetto ai parametri in ingresso (temperatura e portata di antisolvente) nei processi di cristallizzazione. Sono state analizzate e messe a punto tecniche di controllo al fine di controllare il processo di cristallizzazione quando si opera in condizioni che presentano molteplicità.

#### Sviluppo di metodologie per l'analisi di sistemi complessi tramite misure reologiche.

Fourier Transform Rheology: Sono state sviluppate metodologie per la caratterizzazione di materiali complessi. Tale approccio sfrutta la non linearità della risposta dei materiali quando soggetti a flussi di shear di elevata ampiezza (LAOS). Lo studio ha permesso la definizione di nuove grandezze adimensionali che possono essere correlate alla morfologia microscopica del materiale in esame. La tecnica è stata applicata con successo su emulsioni di proprietà nota. Caratterizzazione delle proprietà meccaniche di elastomeri per pneumatici: Si è studiata l'influenza della distribuzione dei pesi molecolari (MWD) e del grado di vulcanizzazione in mescole per pneumatici. In particolare, la performance della mescola è stata investigata per mezzo di tradizionali misure in flusso di taglio oscillatorio (frequency sweep) e deformazioni cicliche di tipo estensionale. Si è potuto quindi quantificare l'effetto della macrostruttura e della MWD sulla risposta meccanica delle mescole analizzate.

#### Modellazione ibrida di bioreattori

È stata sviluppata una procedura per modellare il processo di biodegradazione dell'esano, partendo da dati sperimentali ottenuti in un impianto pilota dell'Università Cattolica di Piacenza. L'obiettivo è stato quello di ridurre le prove sperimentali che, generalmente, sono necessarie quando si vuole descrivere, attraverso un modello matematico, la rimozione di un inquinante su un biofilm. La tecnica ibrida, basata su un modello a principi primi accoppiato con un modello neurale, ha permesso di descrivere la cinetica di biodegradazione utilizzando solo le misure della concentrazione dell'inquinante in ingresso e in uscita dal reattore.

#### Biodegradazione di IPA con sistemi fungini

Questa attività di ricerca si è focalizzata sulla ricerca delle condizioni ottimali per ottenere la degradazione di inquinanti recalcitranti (IPA) con il fungo *Pleurotus sajor caju*. I funghi di tipo "white rot", come il *Pleurotus*, si sono mostrati infatti particolarmente abili nel metabolizzare inquinanti organici, clorofenoli e IPA. L'attività sperimentale è stata prima mirata a determinare la tollerabilità del fungo rispetto a due composti: il pirene e il crisene. Sono stati quindi effettuati esperimenti in piastra *Petri*, pianificati in modo ottimale attraverso la DOE (Design of Experiment), e sono state quindi valutate le condizioni migliori per la crescita del fungo in presenza degli IPA. Sono state poi eseguite una serie di prove in liquido in presenza di pirene e, da una prima analisi, è stata osservata la scomparsa dell'inquinante.

#### Cinetica di processi chimici e biochimici

##### Reattori biologici a crescita sospesa per il trattamento di reflui acquosi con sostanze organiche biorefrattarie.

L'attività sviluppata nell'ambito di questa ricerca ha riguardato la degradazione, mediante colture microbiche miste di tipo aerobico, di composti organici tossici e scarsamente degradabili presenti nei reflui acquosi di origine industriale o provenienti dalle acque di trattamento di terreni inquinati da idrocarburi policiclici aromatici (IPA). L'obiettivo è quello di riuscire a decomporre queste sostanze per via biologica, dato che i processi biologici sono più convenienti dal punto di vista economico e della compatibilità ambientale rispetto a quelli chimico-fisici. La parte sperimentale ha preso in esame l'individuazione di tensioattivi organici facilmente degradabili in grado di solubilizzare gli IPA in acqua, in modo da favorire la biodisponibilità di tali sostanze nonché la loro biodegradazione.

#### Crescita di lieviti ambientali nitrato-fili.

È stata attivata una collaborazione di ricerca col prof. Sanjust sulla possibilità di fare ricorso ai lieviti nitrato-fili per la rimozione di composti azotati dalle acque di scarico. Sono state effettuate prove di crescita sia su piastra che in reattori agitati gestiti in modalità batch utilizzando reflui sintetici e reflui reali.

#### Ottimizzazione economica dello smaltimento di rifiuti industriali nei vuoti di miniera.

In questa ricerca si è presa in esame la possibilità di smaltire nei vuoti sotterranei della miniera di carbone di "Monte Sinni" i rifiuti prodotti da un impianto di potenza (ceneri, gessi e altri materiali provenienti da una caldaia a letto fluido circolante) che utilizza carbone come combustibile. In particolare si vogliono valutare le caratteristiche per una ottimizzazione economica dello smaltimento.

### Studio di reattori irraggiati

Lo studio tende ad accertare l'influenza che la radiazione elettromagnetica con frequenze comprese fra 2 e 2,5 GHz esercita sulla evoluzione dei processi interessanti sia reazioni chimiche che reazioni biologiche.

Lo studio è iniziato con l'utilizzazione di un generatore di microonde derivato da un forno a microonde commerciale (operante perciò alla frequenza di 2,45 GHz). In questa fase l'attenzione è stata indirizzata verso lo studio della cinetica del processo di idrolisi del fenil acetato in soluzioni acquose contenenti lo ione catalitico acetato. L'attività è proseguita estendendo lo studio alla cinetica di evoluzione di altri processi chimici. La conclusione generale è stata che una reazione chimica gestita in ambienti irraggiati con una radiazione a 2,45GHz evolve a velocità maggiori di quelle che caratterizzano gli stessi processi evolvuti in ambienti non irraggiati. Più recentemente è stato oggetto di studio l'ossidazione di composti fenolici in soluzione acquosa. La procedura prevede l'uso del reattivo di Fenton come ossidante. L'evoluzione del processo in ambiente irraggiato con una radiazione a 2,45 GHz si sta rivelando notevolmente più rapida rispetto al processo in ambiente non irraggiato. Per ora l'informazione ricavata è di tipo solo qualitativo, ma sono in corso tentativi di "modellizzare" il processo trattandolo come un fenomeno di tipo catalitico. L'attività sperimentale è proseguita interessando processi di sterilizzazione; i processi sono stati condotti in un reattore tipo PFR irraggiato con una radiazione a frequenza variabile fra 2 e 2,5 GHz. La necessità di poter operare in condizioni di maggior sicurezza e di disporre di maggior flessibilità nell'utilizzo ci ha spinto a modificare la struttura operativa che ora utilizza un generatore allo stato solido (YIG) ed una serie di apparati che consentono sia di trasportare la radiazione fino al PFR, dove essa viene utilizzata dal sistema reagente, che di modificarne la frequenza e la potenza, il tutto come detto in condizioni di maggior sicurezza rispetto alla situazione precedente. Attualmente, è stata realizzata una cavità risonante in acciaio che consente di poter convogliare al sistema reagente il 99% (o anche più) dell'intera potenza incidente. L'inserimento nel circuito di un accoppiatore direzionale consente di misurare sia la potenza incidente che quella riflessa. L'acquisizione di una serie di strumenti (generatore di segnale, analizzatore di spettro, amplificatore di potenza ad elevato guadagno ecc.) consentirà di estendere l'indagine sperimentale che ci si propone di volgere verso il campo delle reazioni enzimatiche di rilevanza nell'industria alimentare.

### Studio di processi di valorizzazione energetica di biomasse

La valorizzazione energetica delle biomasse è una delle più promettenti vie per affrontare due grossi problemi come quelli connessi sia allo smaltimento dei rifiuti che alla produzione di energia. Il progetto prevede lo studio della cinetica e la modellazione del processo di decomposizione e successiva reazione con vapor d'acqua del materiale a matrice organica costituente le biomasse sia di origine umana (rifiuti urbani) che di origine vegetale (scarti di lavorazioni agricole e produzioni ottenute in terreni marginali). La struttura sperimentale predisposta prevede un reattore operante alla temperatura di circa 500 °C ed un sistema di raffreddamento e pulizia dei gas prodotti. Questi vengono analizzati mediante un gas cromatografo in linea. È stata acquisita una struttura in grado di operare in condizioni molto simili a quelle dei forni rotanti che viene utilizzata per lo studio sperimentale volto alla acquisizione di dati cinetici derivati dalla conduzione del processo in differenti condizioni operative e con l'utilizzo di differenti tipi di biomasse derivanti da scarti agricoli (carciofo, cardo, colza ecc.).

## **Ingegneria Elettrochimica**

### Caratterizzazione idrodinamica di Reattori elettrochimici per la disinfezione delle acque

Il processo di disinfezione comunemente utilizzato, anche negli impianti di potabilizzazione, si basa sull'uso di cloro, biossido di cloro e ipoclorito. L'uso di nuovi elettrodi può rendere vantaggioso un trattamento elettrochimico diretto consentendo di realizzare il processo di disinfezione senza la mediazione dei prodotti di ossidazione del cloro. L'idrodinamica del reattore è un aspetto fondamentale per ottenere elevate efficienze nel processo di disinfezione e purificazione delle acque: il reattore deve infatti essere progettato per ottenere un elevato trasferimento delle specie da rimuovere dal bulk verso la superficie degli elettrodi. In prossimità della superficie si realizzano condizioni ossidanti estremamente severe che possono portare ad una inattivazione anche delle specie più resistenti agli usuali trattamenti di disinfezione, o alla rimozione dei composti scarsamente ossidabili. Devono inoltre essere evitati fenomeni di stagnazione e cammini preferenziali, che potrebbero compromettere l'efficacia del processo. Gli studi sono rivolti alla caratterizzazione completa dell'idrodinamica del reattore, utilizzando sia tecniche sperimentali basate sulla distribuzione dei tempi di permanenza ottenute da esperimenti stimolo-risposta, sia tecniche di modellazione matematica basate sulla fluidodinamica computazionale. La caratterizzazione è completata dallo studio del trasferimento di materia verso anodo e catodo, utilizzando la tecnica delle correnti limite e l'analisi basata su correlazioni adimensionali.

### Preparazione e caratterizzazione di elettrodi per foto-elettro-catalisi e studio della cinetica del processo

Nell'ambito dei processi di ossidazione avanzata i metodi basati su processi fotochimici sono largamente noti e studiati: l'intero processo si basa sull'effetto fotovoltaico, caratteristico di semiconduttori di carattere sia p sia n, e dovuto all'assorbimento di uno o più fotoni di opportuna lunghezza d'onda che crea una coppia elettrone-buca che può essere sfruttata per promuovere processi chimici ossidoriduttivi all'interfaccia tra soluzione e semiconduttore. I metodi fotoelettrochimici accompagnano l'irraggiamento della superficie dell'elettrodo semiconduttore con l'applicazione di un campo elettrico di opportuna intensità e verso. Questo consente l'allontanamento dei portatori di carica di maggioranza dall'elettrodo semiconduttore e la stabilizzazione dei portatori di carica di minoranza nei rispettivi stati elettronici. I

materiali semiconduttori generalmente utilizzati funzionano per irraggiamento con luce UV. Punto chiave dello studio è la ricerca di materiali opportuni che consentano di massimizzare le rese quantiche del processo e soprattutto di sfruttare lo spettro solare spostando il campo di radiazioni utili verso il visibile, cosa che può essere ottenuta, restringendo il gap di banda del semiconduttore per esempio con l'ausilio di opportuni droganti. Particolare attenzione è posta su tecniche di ottenimento di strutture elettrochimiche a base di nanotubi di biossido di titanio. Partendo da lamine di titanio metallico, l'ossidazione elettrochimica realizzata in presenza di fluoruri si dimostra efficace per l'ottenimento di strutture nanometriche altamente ordinate che possono essere utilizzate per il processo di fotoelettrolisi dell'acqua per l'ottenimento di idrogeno. Le stesse strutture, opportunamente drogate, possono costituire un promettente catalizzatore per realizzare il processo utilizzando la radiazione solare.

#### Preparazione e caratterizzazione di foto anodi per DSSC

Lo studio è rivolto alla preparazione e caratterizzazione di materiali a base di TiO<sub>2</sub> a struttura nano tubolare che possano essere utilizzate come anodi per celle solari (DSSC dye sintetized solar cells).

In particolare lo studio mira a trovare le condizioni ottimali per la preparazione della struttura di elettrodo e la sua successiva sensitizzazione con colorante, in modo tale da ottenere celle ad alta efficienza. La combinazione di alta superficie specifica, offerta dalla struttura nanometrica, unita alla peculiarità dei nano tubi di indirizzare il percorso degli elettroni verso il circuito esterno dovrebbero infatti favorire il processo di separazione delle cariche foto generate all'interno della struttura del semiconduttore. Al fine di migliorarne le prestazioni durante l'irradiazione, si esaminerà la possibilità di "decorare" la struttura di partenza o tramite un processo di gerarchizzazione, che porta alla combinazione di varie morfologie dello stesso ossido TiO<sub>2</sub>, oppure con un processo di deposito di adatti metalli che catalizzino il processo ossidativo. Tecniche di funzionalizzazione elettrochimica saranno invece utilizzate per cercare di stabilizzare gli eventuali coloranti che si useranno per la sensitizzazione.

#### Preparazione e caratterizzazione di materiali per applicazioni sensoristiche

La realizzazione di sensori per applicazioni biomedicali richiede tecniche affidabili e riproducibili per la funzionalizzazione delle superfici. In particolare la funzionalizzazione di superfici di oro è una delle tematiche più interessanti dello sviluppo di biosensori. Tradizionalmente si ricorre alle reazioni spontanee di grafting dei gruppi tiolo sulla superficie dell'oro, ma queste sono difficilmente controllabili. Un'alternativa è costituita dal grafting elettrochimico sfruttando gruppi relativamente reattivi, ma inseriti in molecole indirizzabili in maniera controllata mediante campo elettrico. Le tecniche elettrochimiche, in particolare quelle in corrente alternata, forniscono inoltre strumenti di caratterizzazione rapida e a basso costo delle superfici realizzate. Sia il ricoprimento, sia la caratterizzazione delle superfici per via elettrochimica sono da tempo oggetto di studio presso il DIMCM. Sali di arildiazonio sono stati utilizzati per realizzare il ricoprimento di superfici di oro per electrografting: le superfici risultano funzionalizzate con gruppi amminici. Il deposito realizzato è stato quindi utilizzato come precursore per la funzionalizzazione con le molecole di interesse, sfruttando la reazione spontanea ammina-aldeide o acido. E' inoltre studiata la possibilità di legare polimeri biocompatibili, anche con l'uso di linker intermedi, per rendere la superficie adatta alla crescita cellulare.

#### Sintesi di materiali multistrato nano strutturati resistenti alle radiazioni

La ricerca riguarda la sintesi di materiali nanostrutturati resistenti alle radiazioni. Questa sezione sperimentale è inquadrata in un progetto sperimentale e di modellazione matematica del comportamento dei materiali multistrato sotto radiazione. In particolare, la ricerca riguarda la preparazione di strutture metalliche multistrato con tecniche elettrochimiche. I sistemi da realizzare coinvolgono coppie di metalli tra i quali alcuni cosiddetti refrattari, come Nb o Ta. Nel processo di deposizione elettrochimica sono quindi utilizzati solventi non convenzionali, in particolare sali fusi a bassa temperatura. Inoltre per eliminare l'interferenza delle reazioni di riduzione di acqua e ossigeno il processo avviene sotto atmosfera controllata. Nell'anno trascorso è stato investigato il sistema Cu/Nb: in particolare sono stati ottenuti depositi di niobio metallico di spessore inferiore ai 50 nm utilizzando diversi substrati, dei quali il più promettente è risultato il diamante conduttore. I materiali ottenuti sono stati caratterizzati sia attraverso tecniche elettrochimiche indirette sia tramite diffrazione a raggi X e microscopia elettronica.

### **ISRU (In Situ Resources Utilization) e ISFR (In Situ Fabrication and Repair)**

#### Sviluppo di processi e tecnologie abilitanti

Ideazione, sviluppo e prototipazione di processi basati sui paradigmi ISRU e ISFR per l'esplorazione robotica e umana di Luna e Marte.

### **Tecnologie e sistemi di lavorazione**

#### Lavorazioni meccaniche

E' stato sviluppata una nuova tecnologia di lavorazione per asportazione di materia dei sinterizzati metallici, impregnando il materiale da lavorare con una soluzione alcolica non satura di pece greca. Il metodo ha consentito di incrementare sensibilmente la durata dell'utensile, tanto da essere attualmente impiegato da aziende del settore.

### Saldatura allo stato solido

E' in corso lo studio della tecnologia di saldatura con il metodo FSW (Friction Stir Welding) sia su lamiere in alluminio di impiego aeronautico, in collaborazione con le sedi di Napoli e Palermo, sia su lamierini di acciaio, in collaborazione con la Soc. Remosa di Cagliari.

### Progettazione di piani di campionamento per la metrologia industriale

E' stata sviluppata una metodologia per la progettazione di cicli di ispezione su Macchine di Misura a Coordinate (CMM) basata su modelli "kriging" (processi stocastici Gaussiani autocorrelati). I piani risultanti sono adattativi in quanto le fasi di progettazione del campione e presa delle misure non sono distinte nel tempo ma procedono sequenzialmente: si progetta il punto successivo da ispezionare, si prende la misura e così via fino a che una regola di arresto pone fine alla procedura. Il punto successivo da ispezionare viene selezionato dal meccanismo inferenziale del kriging: le previsioni fornite dal modello corrente sull'andamento dell'intera superficie permettono di scegliere il punto più propizio all'aumento dell'errore geometrico: si prende quindi la misura in questo punto, si stima il nuovo modello e così via. Tale strategia risulta più informativa poichè, ad ogni passo, sfrutta tutte le misure già prese. Si è dimostrato che la procedura adattativa surclassa sistematicamente le procedure classiche basate su semplici schemi di campionamento statistico (Random, LHS, uniforme) e le poche procedure adattative già esistenti, sia per l'accuratezza delle stime degli errori geometrici sia per il numero delle misure utilizzate. Il metodo è del tutto generale ed è quindi trasferibile a svariati campi metrologici. La ricerca si è svolta in collaborazione con il Politecnico di Milano (Dip. di Meccanica, sezione Tecnologie) e ha dato luogo nel 2011 alla tesi di dottorato dell'ing. Rocco Ascione presso l'Università di Cassino.

### Piani di esperimenti sequenziali e relativi modelli statistici per la sperimentazione industriale

Sono stati studiati e progettati piani di esperimenti di tipo "misto", che mettono insieme piani space-filling, che si ispirano all'obiettivo della copertura uniforme della regione sperimentale, e piani cosiddetti "ottimali" per superfici di risposta (D-ottimali, I-ottimali, CCD) che ottimizzano una misura di informazione relativa al piano stesso (per esempio minimizzando la massima varianza di previsione o la varianza associata alla stima dei parametri del modello). L'adozione di piani "misti" ha portato ad un aumento sostanziale della bontà delle previsioni, misurabile attraverso la riduzione netta di errore quadratico medio (RMSE). Pertanto adottare due criteri eterogenei, e quindi complementari, anzichè un criterio singolo porta, a parità di dimensione del piano, a benefici più che proporzionali. E' stato anche progettato un meccanismo per decidere quando può essere conveniente terminare la sperimentazione. Il protocollo prevede di eseguire in toto il piano space-filling e di fermarsi durante l'esecuzione del piano "ottimale". La regola di arresto si basa sull'analisi di Cross-Validation implementata con il meccanismo del "Leave-One-Out". Il nuovo protocollo di prove è stato valutato in combinazione con tre diversi modelli statistici per la previsione della risposta sperimentale: la regressione multivariata di tipo stepwise, le Radial Basis Functions e i modelli kriging. Il vantaggio previsionale permane con tutti i tre modelli, ma diventa più grande se il modello di stima è il kriging. La metodologia descritta è stata applicata, all'interno di uno studio di "Robust design", alla progettazione di un sottosistema del processo di fabbricazione dei brick presso lo stabilimento di Modena della Tetra Pak.

### Un nuovo metodo per il miglioramento della qualità di prodotti/servizi

E' stata sviluppata una metodologia snella per la re-ingegnerizzazione di prodotti/servizi basata sull'utilizzo congiunto di due tecniche dell'ingegneria della Qualità: Quality Function Deployment (QFD) e FMEA (Failure Mode and Effects Analysis). Il concetto chiave è il meccanismo di estrema selettività del metodo: a partire dai bisogni utente classificati secondo una scala di priorità, l'analisi QFD consente di individuare le performance prioritarie del prodotto/servizio e, in cascata (scendendo al livello dei processi), i processi che hanno maggior leva sulle performance prioritarie. Su questi pochi processi "critici" si concentra l'azione di re-ingegnerizzazione che viene dispiegata utilizzando la tecnica FMEA. Su ciascun processo critico si individuano i potenziali modi di guasto e, per quelli risultati più severi, si progettano mirate azioni preventive in grado di neutralizzare eventuali effetti negativi sulle prestazioni del processo. Questa metodologia è stata applicata nel progetto della Legge 7/8/2007 Regione Sardegna (anno 2010) dal titolo: "L'ingegnerizzazione dei processi chiave per il miglioramento della performance delle aziende pubbliche", in particolare alla re-ingegnerizzazione di due servizi: "Supporto amministrativo per la ricerca Europea (programmi Quadro)" e "Asili Nido del Comune di Cagliari".

### Ottimizzazione dei processi in ambito sanitario

Il filone di ricerca in oggetto si pone come obiettivo lo studio di innovativi sistemi di gestione dei flussi fisici e informativi per l'ottimizzazione della logistica in ambito sanitario.

Le tecniche utilizzate per l'analisi dei processi sono diverse: Failure Mode, Effects, and Criticality Analysis (FMECA), Clinical Risk & Error Analysis (CREA), etc. Il miglioramento delle performance dei processi (pre e post reingegnerizzazione) viene effettuato attraverso opportuni Key Performance Indicator (KPI).

I sistemi utilizzati per la reingegnerizzazione dei processi prevede l'utilizzo di sistemi principalmente basati sulla tecnologia Radio-Frequency Identification (RFID) per la tracciabilità degli asset logistici.

In particolare la ricerca è applicata alla blood supply chain: sono allo studio di un tag innovativi in grado di monitorare lo stato della catena del freddo e la realizzazione di una sacca innovativa con particolari soluzioni integrate. La ricerca viene attualmente sviluppata in collaborazione con il Dipartimento di Ingegneria Elettrica ed Elettronica (DIEE) dell'Università di Cagliari e applicata al Centro Trasfusionale dell'Azienda Ospedale Brotzu (Cagliari). Il progetto coinvolge anche alcuni reparti dell'Ospedale Brotzu e l'Ospedale Microcitemico di Cagliari.

## **Ricerche formalizzate e finanziate nell'anno solare 2014**

### **Progetti a finanziamento regionale e nazionale**

- A. Manuello coproponente progetto INNOVA.RE, importo € **250.000,00**
- G. Cao RAS premialità per la ricerca scientifica, importo € **10.000,00**
- G. Cao RAS INNOVA.RE, P.O.R. FESR 2007-2013, importo € **217.050,00**
- R. Baratti: contratto di ricerca finanziato dalla SOTACARBO, importo € **62.000,00**
- G. Cau: RAS L.R. 7/2007 Tender 2013, importo € **500.000**
- G. Cau: contratto di ricerca finanziato dalla SOTACARBO, importo € **98.000,00**
- 

### **Progetti Unione Europea**

- M. Grosso: Progetto CONSENS (Integrated Control and Sensing for Sustainable Operation of Flexible Intensified Processes), importo € **207.000,00**

### **Progetti con enti pubblici o privati**

- P.F. Orrù: progetto di Ricerca finanziato dalla Casa di Cura Villa Elena, importo € 2.400,00.



## Collaborazioni alla Ricerca con Altre Strutture

- AGRIS SARDEGNA – Agenzia per la Ricerca in Agricoltura
- CSM - Centro Sviluppo Materiali S.p.A.
- CRS4
- ENAS - Ente Acque Sardegna
- ENEA
- RTM S.p.A.
- Sapio Produzione Idrogeno Ossigeno S.r.l
- Sardegna Ricerche
- Sotacarbo, Società Tecnologie Avanzate Carbone S.p.A.
- TU Bergakademie Freiberg, ZIK Virtuhcon, IEC - Department of Energy Process Engineering and Chemical Engineering
- Universidad Autonoma Metropolitana di Città del Messico (Messico) – Dep. de Ingegneria Quimica;
- Universidad National Autonoma de Messico, Città del Messico (Messico) – Dep. De Ingegneria di Controllo;
- Universidad de Lleida (España) - Departament d'Informàtica i Enginyeria Industrial;
- Universidad de Lleida (España) - Grea Inovació Concurrent;
- Università di L'Aquila (Italia) - Dipartimento di Ingegneria Industriale e dell'Informazione e di Economia
- Louisiana State University (USA) – Chemical Engineering Department;
- Sintesi di materiali densi via SPS: Politecnico di Torino (Italia), Consiglio Nazionale delle Ricerche, Institute for Energetics and Interphases (Italia), Istituto de Ceramica y Vidrio (Spain), Instituto Nacional de Engenharia e Tecnologia e Innovacao (Portugal), Universitat de Barcelona (Spain), Institute of Metal Cutting (Poland), Technical University of Darmstadt (Germany), Centre National de la Recherche Scientifique (France), University of Hertfordshire (UK), Talleres Mecanicos Comas (Spain), Tecnologia e Engenharia de Materiais (Portugal) , Università de Technologie de Belfort Montbéliard (France).
- Produzione di polveri ad uso sensoristico: Centro Ricerche Fiat (CRF), Università degli Studi di Trento, Università degli Studi di Messina, Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR), ISTECC, Faenza, Università degli Studi di ROMA "Tor Vergata", Politecnico di Torino, Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR), Trento
- Produzione di polveri per rivestimenti protettivi (barriere termiche) per turbine a gas, Turbocoating SpA, Rubbiano di Solignano (Parma), Dipartimento di Chimica, Università di Firenze
- Ingegneria dei tessuti: Università della Calabria – Italia, Istituto di tecnologie biomediche del CNR – Italia, Pharmaness SpA – Italia, Proteios SpA – Italia
- Università di Napoli Federico II (I)
- Elastomers Research Center Polimeri Europa – Ravenna (I)
- Institut für Technische Chemie und Polymerchemie, Karlsruhe (D)
- Helsinki University of Technology (Finlandia) - Lab. of Computer and Information Science
- Università degli Studi di Pavia;
- Università degli Studi di Sassari;
- Politecnico di Torino;
- Politecnico di Milano;
- Centre National de la Recherche Scientifique, Georgia Institute of Technology – Lorraine, Metz (France);
- Universidad de Oviedo (Spain);
- Universidad de Burgos (Spain);
- Instituto Madrilenno de Estudios Avanzados, Madrid (Spain);
- Ecole de Mines, Paris (France);
- Ceske Vysoke Ucení Technické V Praze (Technical University of Prague), Prague (Czech Republic);
- Tartu Ülikool (University of Tartu), (Estonia);
- Uppsala Universitet (Sweden);
- Department of Materials and Manufacturing Technology, Chalmers University of Technology, Goteborg (Sweden)
- Georgia Institute of Technology, Atlanta (Georgia), (USA);
- Los Alamos National Laboratory (LANL), Materials Division, New Mexico, (USA);
- Massachusetts Institute of Technology (MIT), Boston (USA);
- Faculty of Chemical and Food Technology dell'Università di Bratislava;
- Società Carbosulcis SpA, Gonnesa (Carbonia-Iglesias);
- Istituto di Enologia ed Ingegneria Agro-alimentare – Università Cattolica del Sacro Cuore – Piacenza;

- Aalto University – Finland;
- AGH University, Krakow, Poland;
- School of Mechanics, Tianin University, China;
- Università Politecnica delle Marche;
- Centre National de la Recherche Scientifique, Georgia Institute of Technology – Lorraine, Metz (France);
- Department of Industrial & Systems Engineering, Virginia Tech USA;
- Railway Technical Research Institute, Tokyo, Japan;
- Tokyo Institute of Technology, Japan;
- CONI, Comitato Regionale Sardegna;
- Università degli Studi di Parma - Laboratorio RFID;
- Service d'Automatique et d'Analyse des Systèmes, Université Libre de Bruxelles (ULB), Belgio;
- Tetra Pak, sede di Modena.
- University of Liverpool, UK
- Tel Aviv University, Israel
- John Moores University, UK
- Università di Trento
- Institut Fresnel – UMR 7249, Francia
- University of Southern Denmark, Department of Chemical Engineering, Biotechnology and Environmental Technology, Odense, DK
- Universidad de Guanajuato, Division de Ciencias Naturales y Exactas, Departamento de Ingeniería Química, MX
- University of Edinburgh, School of Chemistry, Edimburgo, UK
- Università di Milano, Dipartimento di Chimica Inorganica Metallorganica e Analitica “Lamberto Malatesta”
- Nagoya University, Department of Chemistry Graduate School of Science and Research Center of Materials Science, Nagoya, Japan
- Institute of Applied Physics, University of Bern, Switzerland
- Department of Industrial & Systems Engineering, Virginia Tech, USA
- Centrum excelence Telč, CZ
- Procter & Gamble, Pomezia R&D Research Center, I
- Dipartimento di Ingegneria del Territorio - Sezione Meccanizzazione ed Impiantistica – Università Studi Sassari
- Laboratorio di Medicina dello Sport – Dip. Scienze mediche “Mario Aresu”, Università Studi Cagliari
- Dipartimento di Ingegneria Meccanica ed Aerospaziale – Politecnico di Torino
- Ortopedia Chessa - officina ortopedica
- CO. RE. M. srl Carpenterie meccaniche
- Università di Bologna
- Università degli Studi di Roma ‘La Sapienza’
- Università del Salento
- CNR (Istituto di Biometeorologia)
- University of Cambridge
- Rolls-Royce plc

## Attività Scientifiche

### Partecipazione a comitati editoriali di riviste

- F. Aymerich: Diagnostics and structural health monitoring
- F. Aymerich: Journal of Composites
- F. Aymerich: Mechanics and Control
- R. Baratti: Mathematical Problems in Engineering
- M. Brun: Editorial Board: The Scientific World Journal
- G. Cao: International Journal SHS.
- G. Cao: Open Tissue Engineering & Regenerative Medicine Journal
- G. Cao: Open Atmospheric Science Journal
- G. Cao: ISRN Chemical Engineering
- G. Cao: European Editor-in-Chief of Advances in Environmental Research
- G. Cao: Journal of Biomaterials and Biomedical Engineering
- G. Cao: Co-Editor-in-Chief of Journal of Chemical Engineering Research Updates (JCERU)
- G. Cao: Jacobs Journal of Drug Metabolism and Toxicology
- G. Cao: AIMS Bioengineering
- G. Cao: Stem Cell and Translational Investigation
- G. Cao: International Scholarly Research Notices
- G. Cao: Journal of Chemical Engineering Research Updates
- D. Cocco: Journal of Power and Energy
- F. Delogu: The Open Ceramic Science Journal
- F. Delogu: componente del Comitato Editoriale “The Open Ceramic Science Journal”
- A. Manuello Bertetto: Editor in Chief of International Journal of Mechanics and Control
- A. Manuello Bertetto: Editor in Chief of International Journal of Mechanics and Control
- A. Manuello Bertetto: Membro del Comitato Tecnico di redazione di Oleodinamica&Pneumatica, Tecniche Nuove. Milano
- R. Orrù: ISRN Chemical Engineering
- R. Orrù: Eurasian Chemico-Technological Journal
- L. Pilia: componente del Editorial Board del “Journal of Chemistry”, area Inorganic Chemistry

### Partecipazione a comitati scientifici di conferenze

- F. Aymerich: Comitato scientifico 10th International Conference on Damage Assessment of Structures – DAMAS 2013, Dublin, July 2013
- F. Aymerich: International advisory board - 4th International Conference on Recent Advances in Composite Materials - ICRACM 2013, Goa (India), February 2013.
- F. Aymerich: Comitato scientifico 16th European Conference on Composite Materials (ECCM16), Seville, June 2014
- G. Cao: componente dell’International Advisory Board of the Special Session “SHS Ceramics” at CIMTEC 2014
- G. Cao: Board of Global Conf. on Polymer and Composite Materials (PCM 2014)
- G. Cao: The Global Conference on Materials Science and Engineering (CMSE 2014)
- G. Cao: The 3rd International Conference on Biomedical Engineering and Biotechnology (ICBEB 2014)
- A. Cincotti - PBM (Population Balance Modelling) Congress 2013 - Bangalore India
- M. C. Porcu: 9th International Conference on Earthquake Resistant Engineering Structures, La Coruna, Spagna, 2013.

### Partecipazione a comitati tecnici

- F. Aymerich: Council member - European Society of Composite Materials (ESCM)
- R. Baratti: Membro del Comitato della Federazione Internazionale di Controllo (IFAC)
- G. Cao: Presidente del Distretto Aerospaziale della Sardegna
- G. Cao: Componente della commissione nazionale per la conferma di ricercatore (INGIND24)
- G. Cao: Componente della commissione nazionale per professore ordinario (INGIND24)
- G. Cao: Componente della commissione nazionale per professore associato (INGIND27)
- G. Cao: Componente della commissione nazionale per professore associato (INGIND25)
- G. Cao: Componente della commissione per ricercatore a tempo determinato (INGIND24)

- G. Cao: Componente della commissione di valutazione di SINTERCER, PROPOSAL No. 316232 - VII FRAMEWORK PROG.
- T. Ghisu: Componente comitato ICCS 2014 (International Conference on Computational Science)
- M. Mascia: valutatore di progetti per conto della Swiss National Science Foundation
- F. Delogu: American Nano Society
- S. Palmas: European Working Party on Electrochemical Engineering
- F. Desogus: componente commissione di valutazione progetti di ricerca programma Horizon 2020

#### **Partecipazioni a commissioni di dottorato/abilitazione**

- A. Baldi: componente della commissione per l'esame di ammissione al Dottorato in Ingegneria Industriale, Università di Cagliari
- G. Cao: componente della commissione per l'esame di ammissione al Dottorato in Scienze e Tecnologie per l'Innovazione, Università di Cagliari
- M. Grosso: componente della commissione per l'esame di ammissione al Dottorato in Ingegneria Industriale, Università di Cagliari XXX Ciclo
- Giorgio Pia: componente della commissione per l'esame di ammissione al TFA (A071), Università di Cagliari
- Giorgio Pia: componente della commissione per l'attribuzione dell'abilitazione TFA (A016, A020, A033, A071), Università di Cagliari
- R. Orrù: componente della commissione per l'esame di ammissione al Dottorato in Scienze e Tecnologie per l'Innovazione, Università di Cagliari

#### **Afferenza a consorzi, centri di ricerca e reti di ricerca europea**

- Centro Interdipartimentale di Ingegneria e Scienze Ambientali – CINSA
- Centro Interuniversitario “High Tech Recycling” – HTR
- Consorzio Interuniversitario Nazionale la Chimica per l’Ambiente – INCA
- Consorzio Interuniversitario Nazionale di Scienza e Tecnologia dei Materiali – INSTM
- Consorzio Interuniversitario Nazionale per l’Ingegneria delle Georisorse - CINIGeo)

#### **Conferenze e seminari tenuti da docenti del DIMCM in altre sedi**

- A. Manuello Berretto et al., “A Portable Light Weight System for Saffron Harvesting” RAAD 2014 Workshop
- A. Manuello Berretto et al., “Home Automation Systems and PMV Classification for Moderate Confined Environments” ” RAAD 2014 Workshop

## • Pubblicazioni

### Riviste internazionali [87]

1. D. Feng, **F. Aymerich**, Finite element modelling of damage induced by low-velocity impact on composite laminates, *Composite Structures*, 108: 161–171, 2014
2. A. Klepka, L. Pieczonka, W.J. Staszewski, **F. Aymerich**, Impact damage detection in laminated composites by non-linear vibro-acoustic wave modulations, *Composites part B*, 65:99-108, 2014
3. M. Strączkiewicz, A. Klepka, W.J. Staszewski, **F. Aymerich**, Triple Correlation Technique for Damage Detection in Composite Materials, *Key Engineering Materials*, 588:310-317.
4. J. Ruan, **F. Aymerich**, J. Tong, Z. Wang, Optical evaluation on delamination buckling of composite laminate with impact damage, *Advances in Materials Science and Engineering*, vol. 2014, Article ID 390965, 9 pages, 2014.
5. L. Pieczonka, P. Ukowski, A. Klepka, W. Staszewski, T. Uhl, **F. Aymerich**, Impact Damage Detection in Light Composite Sandwich Panels Using Piezo-Based Nonlinear Vibro-Acoustic Modulations, *Smart Materials and Structures*, 23, 105021, 2014.
6. **F. Aymerich**, L. Francesconi, Damage Mechanisms in Thin Stitched Laminates Subjected to Low-velocity Impact, *Procedia Engineering* 88:133-140, 2014.
7. L. Pieczonka, **F. Aymerich**, W.J. Staszewski, Impact Damage Detection in Light Composite Sandwich Panels, *Procedia Engineering* 88: 216-221, 2014
8. **R. Ambu**, **A. Manuello Bertetto**, C. Falchi, “Design of a prototype system operant in lunar environment”, *Strojniški Vestnik - Journal of Mechanical Engineering*, Vol.60, N°10, pp.629-637, DOI:10.5545/sv-jme.2014.1711 (2014)
9. Cogoni G., Widenski D., **Grosso M.**, **Baratti R.**, Romagnoli J., “A qualitative comparison between population balances and stochastic models for non-isothermal antisolvent crystallization processes”, *Computers & Chemical Engineering* (ISSN 0098-1354), 63 (2014), pp 82-90 (doi: 10.1016/j.compchemeng.2014.01.001).
10. B. Zhang, R. Willis, J. A. Romagnoli, C. Fois, **S. Tronci**, **Baratti R.**, “Image-based multi-resolution-ANN approach for on-line particle size characterization”, *Industrial & Engineering Chemistry Research* (ISSN 0888-5885), 53, 17 (2014), pp 7008-7018 (doi: 10.1021/ie4019098).
11. G. Cogoni, **S. Tronci**, **Baratti R.**, J. A. Romagnoli, “Controllability of semi-batch nonisothermal antisolvent crystallization processes”, *Industrial & Engineering Chemistry Research* (ISSN 0888-5885), 53, 17 (2014), pp 7056-7065 (doi: 10.1021/ie404003j).
12. J. A. Segovia-Hernandez, M. Vázquez-Ojeda, F.I. Gómez-Castro, C. Ramírez-Márquez, **M. Errico**, **S. Tronci**, B.G. Rong “Process control analysis for intensified bioethanol separation systems”, *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification*, 75 (2014), pp. 119-125 (DOI: 10.1016/j.cep.2013.11.002).
13. Murari A., Pisano F., Vega J., Cannas B., Fanni A., Gonzalez S., Gelfusa M., **Grosso M.** and JET EFDA, “Extensive statistical analysis of ELMs on JET with a carbon wall”, *Plasma Physics and Controlled Fusion*, 56(11), 114007, (2014)
14. Carta G; **Brun M**; Movchan AB, Dynamic response and localization in strongly damaged waveguides, *Proceedings of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, vol. 470, issue 2167, pp. 20140136-20140136
15. Cabras L; **Brun M**, Effective properties of a new auxetic triangular lattice: an analytical approach, *FRATTURA E INTEGRITÀ STRUTTURALE* 29 (2014) 9-18; DOI: 10.3221/IGF-ESIS.29.02
16. Carta G; **Brun M**; Movchan AB, Elastic wave propagation and stop-band generation in strongly damaged solids, *Frattura ed Integrità Strutturale*, 29 (2014) 28-36; DOI: 10.3221/IGF-ESIS.29.04
17. **Brun M**; Giaccu GF; Movchan AB; Slepian LI, Transition wave in the collapse of the San Saba Bridge *FRONTIERS IN MATERIALS*, September 2014 | Volume 1 | Article 12 | 1
18. Colquitt DJ; **Brun M**; Gei M; Movchan AB; Movchan NV; Jones IS, Transformation elastodynamics and cloaking for flexural waves, *JOURNAL OF THE MECHANICS AND PHYSICS OF SOLIDS* Volume 72, 1 December 2014, Pages 131–143
19. **Brun M**; Colquitt D; Jones IS; Movchan AB; Movchan NV, Transformation cloaking and radial approximations for flexural waves in elastic plates, *New Journal of Physics* Volume 16 September 2014
20. Carta G; **Brun M**; Movchan A B; Movchan N V; Jones I S, Dispersion properties of vortex-type monatomic lattices, *International Journal of Solids and Structures* Volume 51, Issues 11–12, 1 June 2014, Pages 2213–2225
21. Cabras L; **Brun M**, Auxetic two-dimensional lattices with Poisson’s ratio arbitrarily close to -1 *PROCEEDINGS - ROYAL SOCIETY. MATHEMATICAL, PHYSICAL AND ENGINEERING SCIENCES* Volume 470 (2014) fascicolo 2172

22. A. Steriti, R. Rossi, A. Concas, **Cao G** (2014). A novel cell disruption technique to enhance lipid extraction from microalgae. *BIORESOURCE TECHNOLOGY*, vol. 164, p. 70-77, ISSN: 0960-8524, doi: 10.1016/j.biortech.2014.04.056
23. Mancuso L, **Cao G** (2014). Acute toxicity test of CuO nanoparticles using human Mesenchymal Stem Cells. *TOXICOLOGY MECHANISMS AND METHODS*, vol. 24, p. 449-454, ISSN: 1537-6516, doi: 10.3109/15376516.2014.928920
24. Orsini M, Cusano R, Costelli C, Malavasi V, Concas A, Angius A, **Cao G** (2014). Complete genome sequence of chloroplast DNA (cpDNA) of *Chlorella sorokiniana*. *MITOCHONDRIAL DNA*, ISSN: 1940-1736, doi: 10.3109/19401736.2014.919466
25. A. Concas, A. Steriti, M. Pisu, **Cao G** (2014). Comprehensive modeling and investigation of the effect of iron on the growth rate and lipid accumulation of *Chlorella vulgaris* cultured in batch photobioreactors. *BIORESOURCE TECHNOLOGY*, vol. 153, p. 340-350, ISSN: 0960-8524, doi: 10.1016/j.biortech.2013.11.085
26. Mancuso L, Gualerzi A, Boschetti F, Loy F, **Cao G** (2014). Decellularized ovine arteries as small-diameter vascular grafts. *BIOMEDICAL MATERIALS*, vol. 9, p. 045011-045020, ISSN: 1748-6041, doi: 10.1088/1748-6041/9/4/045011
27. Musa C, **Licheri R, Orru' R, Cao G** (2014). Synthesis, sintering, and oxidative behavior of HfB<sub>2</sub>-HfSi<sub>2</sub> ceramics. *INDUSTRIAL & ENGINEERING CHEMISTRY RESEARCH*, vol. 53, p. 9101-9108, ISSN: 0888-5885, doi: 10.1021/ie4032692
28. **Cau G; Cocco D**; Petrollese M, Modeling and simulation of an isolated hybrid micro-grid with hydrogen production and storage, *Energy Procedia* Volume 45, 2014, Pages 12–21
29. **Cau G; Cocco D**, Comparison of medium-size concentrating solar power plants based on parabolic trough and linear Fresnel collectors, *ENERGY PROCEDIA*, Vol. 45 pag. 101-110 (2014)
30. **Cau G; Cocco D; Tola V**, Performance assessment of USC power plants integrated with CCS and concentrating solar collectors, *ENERGY CONVERSION AND MANAGEMENT*, Vol. 88 pag. 973 – 984 (2014)
31. **Cau G; Cocco D**; Petrollese M; Kær SK; Milan C, Energy management strategy based on short-term generation scheduling for a renewable microgrid using a hydrogen storage system, *ENERGY CONVERSION AND MANAGEMENT*, vol. 87 pag. 820-831 (2014)
32. Cascetta M; **Cau G; Puddu P**; Serra F, Numerical investigation of a packed bed thermal energy storage system with different heat transfer fluids, *ENERGY PROCEDIA* vol. 45 pag. 598-607 (2014)
33. **Cau G; Tola V**; Deiana P, Comparative performance assessment of USC and IGCC power plants integrated with CO<sub>2</sub> capture systems, *FUEL*, Vol. 120 pag. 820-833 (2014)
34. **Cocco D**; Deligios PA; Ledda L; Sulas L; Viridis A; Carboni G , LCA study of oleaginous bioenergy chains in a Mediterranean environment, *ENERGIES*, Vol. 7 Fasc. 10 pag. 6258 – 6281 (2014)
35. Scano EA; Asquer C; Pistis A; Ortu L; Demontis V; **Cocco D**, Biogas from anaerobic digestion of fruit and vegetable wastes: experimental results on pilot-scale and preliminary performance evaluation of a full-scale power plant, *ENERGY CONVERSION AND MANAGEMENT*, Vol. 77 pag. 22 – 30 (2014)
36. **M. Errico**, P. Pirellas, C.E. Torres-Ortega, B.-G. Rong, J.G. Segovia-Hernandez (2014) “A combined method for the design and optimization of intensified distillation systems” *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification* Vol. 85, 69-76.
37. **M. Errico**, B.-G. Rong, C.E. Torres-Ortega, J.G. Segovia-Hernandez (2014) “The importance of the sequential synthesis methodology in the optimal distillation sequence design” *Computers and Chemical Engineering* Vol. 62, 1-9.
38. J.G. Segovia-Hernandez, M. Vazquez-Ojeda, F.I. Gomez-Castro, **M. Errico**, S. Tronci, B.-G. Rong (2014) “Process control analysis for intensified bioethanol separation systems” *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification*, Vol. 75, 119-125.
39. Mesosstructural refinement in the early stages of mechanical alloying, S. Garroni, S. Enzo, **F. Delogu**, *Scripta Mater.* 83 (2014) 49.
40. Ag-Ni Janus nanoparticles by mechanochemical decomposition of Ag and Ni oxalates, **F. Delogu**, *Acta Mater.* 66 (2014) 388.
41. Kinetics of nanoporous Au formation by chemical dealloying, **G. Pia, M. Mascia, F. Delogu**, *Scripta Mater.* 76 (2014) 57.
42. On the electrodeposition of niobium from 1-butyl-1-methylpyrrolidinium bis (trifluoromethylsulfonyl) imide at conductive diamond substrates, **A. Vacca, M. Mascia, L. Mais, S. Rizzardini, F. Delogu, S. Palmas**, *Electrocatalysis* 5 (2014) 16.
43. Unsaturated coordination and surface stresses in metal nanoparticles, **F. Delogu**, *Chem. Phys. Lett.* 601 (2014) 87.
44. Metastable phases of immiscible systems, A. Contini, **F. Delogu**, S. Garroni, G. Mulas, S. Enzo, *J. Alloys Compd.* 615 (2014) S551.

45. Mechanochemical decomposition of Ag and Ni oxalates, **F. Delogu**, Mater. Chem. Phys. 147 (2014) 629.
46. Multifractal properties of ball milling dynamics, M. A. Budroni, V. Pilosu, **F. Delogu**, M. Rustici, Chaos 24 (2014) 023117.
47. Electrochemical deposition of Cu and Nb in pyrrolidinium based ionic liquid, **M. Mascia, A. Vacca, L. Mais, S. Palmas, E. Musu, F. Delogu**, Thin Solid Films 571 (2014) 325.
48. Surface stresses and Young's modulus in nanoporous Au foams, **G. Pia, F. Delogu**, Scripta Mater. 84-85 (2014) 55.
49. Kinetics of the mechanochemical synthesis of alkaline-earth metal amides, S. Garroni, L. Takacs, H. Leng, **F. Delogu**, Chem. Phys. Lett. 608 (2014) 80.
50. Voltammetric study on the behaviour of refractory metals in ([BMP][TFSA]) ionic liquid, L. Mais, **M. Mascia, A. Vacca, S. Palmas, F. Delogu**, Chem. Eng. Trans. 41 (2014) 97.
51. Reduction of grain size in metals and metal mixtures processed by ball milling, S. Garroni, S. Soru, S. Enzo, **F. Delogu**, Scripta Mater. 88 (2014) 9.
52. Mechanochemistry of Ti-C powder mixtures, **F. Delogu**, L. Takacs, Acta Mater. 80 (2014) 435.
53. **Ghisu, T.**, Arca, B., Pellizzaro, G., Duce, P., A level-set algorithm for simulating wildfire spread (2014) CMES - Computer Modeling in Engineering and Sciences, 102 (1), pp. 83-102.
54. **Andrea Manuello Bertetto**, Roberto Ricciu, Maria Grazia Badas, A Mechanical Saffron Flower Harvesting System, Meccanica, December 2014, Volume 49, Issue 12, pp 2785-2796, (DOI: 10.1007/s11012-014-0026-7), Meccanica, Springer.
55. Muller, A., **Ruggiu, M.**, Self-calibration of redundantly actuated PKM exploiting kinematic landmarks, Mechanisms and Machine Science, Vol.15, pp. 93-102, 2014.
56. **A. VACCA, M. MASCIA, L. MAIS, S. RIZZARDINI, F. DELOGU, S. PALMAS**. On the electrodeposition of Niobium from 1-butyl-1-methylpyrrolidinium bis (trifluoromethylsulfonyl) imide at conductive diamond substrates. Electroanalysis 5(1) 16-22, 2014.
57. **A. VACCA, M. MASCIA, S. RIZZARDINI, S. PALMAS, L. MAIS**. Coating of gold substrates with polyaniline through electrografting of aryl diazonium salts. Electrochimica Acta 126 81-89, 2014.
58. **S PALMAS, M. MASCIA, A. VACCA, J. LLANOS, E. MENA**. Analysis of photocurrents and capacitance at TiO<sub>2</sub> nanotubes/polyaniline hybrid composites synthesized through electroreduction of aryldiazonium salt. RSC Advances 4/46, p. 23957 – 23965, 2014.
59. **A. VACCA, M. MASCIA, S. RIZZARDINI, S. PALMAS, S. LAI, C. NAPOLI, M. BARBARO**. Functionalization of polycrystalline gold through the electroreduction of aryldiazonium salts in ionic liquids. ChemicalEngineeringTransactions 41, p. 79-84, 2014.
60. **L. MAIS, M. MASCIA, A. VACCA, S PALMAS, F. DELOGU**. Voltammetric study on the behaviour of refractory metals in ([BMP][TFSA]) ionic liquid. ChemicalEngineeringTransactions 41, p. 97-102, 2014.
61. **R. MATARRESE, S. PALMAS, I. NOVA, A. LI BASSI, C.S. CASARI, V. RUSSO, M. MASCIA, A. VACCA**. Photoelectrochemical characterization of hierarchical TiO<sub>2</sub> nanoarchitectures obtained by reactive pulsed laser deposition (PLD). ChemicalEngineeringTransactions 41, p. 397-402, 2014.
62. **S PALMAS, M. MASCIA, A. VACCA, J. LLANOS, E. MENA, M. RODRIGO, P. AMPUDIA**. Hybrid nanotubular structures for photoelectrocatalysis or energy storage devices. Chemical Engineering Transactions 41, p. 337-342, 2014.
63. **P. AMPUDIA, S PALMAS, A. VACCA, M. MASCIA, R. MATARRESE**, Design of Experiments (DOE) for synthesis of nanotubular structured electrodes. ChemicalEngineeringTransactions 41, p. 349-354, 2014.
64. **S. MONASTERIO S, F. DESSI', M. MASCIA, A. VACCA, S PALMAS**, Electrochemical removal of microcystis aeruginosa in a fixed bed reactor. ChemicalEngineeringTransactions 41, p. 163-168, 2014.
65. **M. MASCIA, A. VACCA, L. MAIS, S. PALMAS, E. MUSU, F. DELOGU**. Electrochemical deposition of Cu and Nb from pyrrolidinium based ionic liquid. Thin Solid Films. 571, p. 325-331, 2014.
66. **Pau M, Ibba G, Leban B, Scorcu M** (2014). Characterization of static balance abilities in elite football (soccer) players by playing position and age . Research in Sports Medicine, vol. 22, p. 373-385, ISSN: 1543-8627, doi: 10.1080/15438627.2014.944302
67. **Pau M, Leban B, Collu G, Migliaccio GM** (2014). Effect of light and vigorous physical activity on balance and gait of older adults. Archives of Gerontology and Geriatrics, vol. 59, p. 568-573, ISSN: 0167-4943, doi: 10.1016/j.archger.2014.07.008
68. **Pau M, Ibba G, Attene G** (2014). Fatigue-Induced Balance Impairment in Young Soccer Players. Journal of Athletic Training, vol. 49, p. 454-461, ISSN: 1062-6050, doi: http://dx.doi.org/10.4085/1062-6050-49.2.12

69. **Pau M**, Kim S, Nussbaum M (2014). Fatigue-induced balance alterations in a group of Italian career and retained firefighters. *International Journal of Industrial Ergonomics*, vol. 44, p. 615-620, ISSN: 0169-8141, doi: 10.1016/j.ergon.2014.06.010
70. Galli M, Celletti C, Cimolin V, **Pau M**, Castori M, Morico G, Albertini G, Camerota F (2014). Foot type analysis based on electronic pedobarography data in individuals with joint hypermobility syndrome/Ehlers-Danlos syndrome-hypermobility type during upright standing. *Journal of the American Podiatric Medical Association*, vol. 104, p. 588-593, ISSN: 8750-7315, doi: 10.7547/8750-7315-104.6.588
71. **Pau M**, Coghe G, Atzeni C, Corona F, Pilloni G, Marrosu MG, Cocco E, Galli M (2014). Novel Characterization of Gait Impairments in People with Multiple Sclerosis by Means of the Gait Profile Score. *Journal of the Neurological Sciences*, vol. 345, p. 159-163, ISSN: 0022-510X, doi: 10.1016/j.jns.2014.07.03
72. Galli M, Cimolin V, **Pau M**, Costici PF, Albertini G (2014). Relationship between flat foot condition and gait pattern alterations in children with Down syndrome. *Journal of Intellectual Disability Research*, vol. 58, p. 269-276, ISSN: 0964-2633, doi: DOI: 10.1111/jir.12007
73. Galli M, Cimolin V, Rigoldi C, **Pau M**, Costici PF, Albertini G (2014). The effects of low arched feet on foot rotation during gait in children with Down syndrome. *Journal of Intellectual Disability Research*, vol. 58, p. 758-764, ISSN: 0964-2633, doi: 10.1111/jir.12087
74. **Giorgio Pia, Ulrico Sanna**. An intermingled fractal units model and method to predict permeability in porous rock. *International Journal of Engineering Science*, Volume 75, February 2014, Pages 31-39.
75. **Giorgio Pia, Ulrico Sanna**. Case studies on the influence of microstructure voids on thermal conductivity in fractal porous media. *Case Studies in Thermal Engineering*, Volume 2, March 2014, Pages 8-13.
76. **Giorgio Pia, Ulrico Sanna**. An intermingled fractal units model to evaluate pore size distribution influence on thermal conductivity values in porous materials. *Applied Thermal Engineering*, Volume 65, Issues 1–2, April 2014, Pages 330-336.
77. **Giorgio Pia, Michele Mascia, Francesco Delogu**. Kinetics of nanoporous Au formation by chemical dealloying. *Scripta Materialia*, Volume 76, April 2014, Pages 57-60.
78. **Giorgio Pia, Francesco Delogu**. Surface stresses and Young's modulus in nanoporous Au foams. *Scripta Materialia*, Volumes 84–85, August 2014, Pages 55-58.
79. **Giorgio Pia**, Enrico Sassoni, Elisa Franzoni, **Ulrico Sanna**. Predicting capillary absorption of porous stones by a procedure based on an intermingled fractal units model. *International Journal of Engineering Science*, Volume 82, September 2014, Pages 196-204.
80. **Giorgio Pia**, Ludovica Casnedi, Roberto Ricciua, Luigi Antonio Besalduch, Roberto Baccoli, Costantino Carlo Mastino, Arianna Murru, Ombretta Cocco, **Paola Meloni, Ulrico Sanna**. Application of a novel method for a simulation of conductivity of a building material in a climatic chamber. *Energy Procedia*. In press.
81. F. Frei, A. Rondi, D. Espa, M. L. Mercuri, **L. Pilia**, A. Serpe, A. Odeh, F. Van Mourik, M. Chergui, T. Feurer, P. Deplano, A. Vlček, Jr., A. Cannizzo, Ultrafast Electronic and Vibrational Relaxations in Mixed-Ligand Dithione-Dithiolene Ni, Pd, and Pt Complexes. *Dalton Transactions*, 43, 17666-17676, 2014.
82. **L. Pilia**, M. Pizzotti, F. Tessore, N. Robertson, Nonlinear-optical properties of  $\alpha$ -diiminedithiolatonickel(II) complexes enhanced by electron-withdrawing carboxyl groups. *Inorganic Chemistry*, 53, 4517-4526, 2014.
83. **L. Pilia**, M. Serri, M. M. Matsushita, K. Awaga, S. Heutz, N. Robertson, Giant Magnetoresistance in a Molecular Thin Film as an Intrinsic Property. *Advanced Functional Materials*, 24, 2383-2388, 2014.
84. D. Espa, **L. Pilia**, C. Makedonas, L. Marchiò, M. L. Mercuri, A. Serpe, A. Barsella, A. Fort, C. A. Mitsopoulou, P. Deplano, The role of the acceptor in tuning the properties of Metal [M(II) = Ni, Pd, Pt] dithiolato/dithione (donor/acceptor) second-order non-linear chromophores. Combined experimental and theoretical studies. *Inorganic Chemistry*, 53, 1170–1183, 2014.
85. Cagliano A. C.; **Pilloni M.T.**; Rafele C., A multi-criteria fuzzy method for selecting the location of a solid waste disposal facility, *INTERNATIONAL JOURNAL OF MANAGEMENT AND DECISION MAKING*, Vol. 13 fasc. 3, pag. 221-249 (2014)
86. **PUDDU P**; **PADERI M**; **MANCA C**, Aerodynamic Characterization of a Wells Turbine Under Bi-Directional Airflow, *ENERGY PROCEDIA*, vol. 45 pag. 278, 287 (2014)
87. **Tola V**; Pettinau A, Power generation plants with carbon capture and storage: a techno-economic comparison between coal combustion and gasification technologies, *APPLIED ENERGY*, vol. 113, pag 1461-1474 (2014)

#### **Riviste nazionali [6]**

1. F.V. Caredda, D. Marotto, **P.F. Orrù**, F. Zedda, “Sistema per l’agitazione di componenti ematici in camera semianecoica”, *Oleodinamica-Pneumatica*, Ed. Tecniche Nuove, Aprile 2014, pp. 20-26 [ISSN: 1122-5017]



2. **Andrea Manuello Bertetto**, I protagonisti della movimentazione automatizzata, *Oleodinamica Pneumatica*, pp. 20-24, (gennaio 2014), ISSN 1122-5017.
3. **Andrea Manuello Bertetto**, I protagonisti della movimentazione automatizzata, *Oleodinamica Pneumatica*, pp. 20-24, (luglio 2014), ISSN 1122-5017.
4. **Andrea Manuello Bertetto**, La mano si interfaccia con il prodotto, *Oleodinamica Pneumatica*, pp. 20-24, (ottobre 2014), ISSN 1122-5017.
5. **Andrea Manuello Bertetto**, Accumulo di energia con aria compressa, *Oleodinamica Pneumatica*, pp. 20-24, (novembre 2014), ISSN 1122-5017.
6. **Andrea Manuello Bertetto**, Pneumatica sul campo, *Oleodinamica Pneumatica*, pp. 20-24, (dicembre 2014), ISSN 1122-5017.

#### **Conferenze internazionali [41]**

1. **Baldi A; Bertolino F; Ginesu F**, SENSITIVITY ANALYSIS OF INTEGRATED DIGITAL IMAGE CORRELATION APPROACH FOR RESIDUAL STRESS MEASUREMENT, ICEM 16 - 16th International Conference on Experimental mechanics, 7-11/7/2014, Cambridge – UK
2. Frau A; **Aymerich F; Porcu M.C.**; Pieczonka L; Klepka A; Staszewski W.J., PROBING WAVE FREQUENCY SELECTION FOR THE NONLINEAR VIBRO-ACOUSTIC WAVE MODULATION TESTS, 43° CONVEGNO NAZIONALE DELL'ASSOCIAZIONE ITALIANA PER L'ANALISI DELLE SOLLECITAZIONI (AIAS), 9-12 settembre 2014, Padova
3. PB Dao, WJ Staszewski, A Klepka, T Uhl, **F Aymerich**, Compensation for the effect of vibration amplitude in nonlinear acoustic technique used for impact damage detection in composites, Proceedings of 7th Forum Acusticum, Krakow, 7-12 September 2014.
4. PB Dao, WJ Staszewski, A Klepka, **F Aymerich**, Impact Damage Detection in Composites using Nonlinear Vibro-Acoustic Wave Modulations and Cointegration Analysis, Proceedings 11th European Conference on Non-Destructive Testing (ECNDT 2014), October 6-10, 2014, Prague, Czech Republic
5. **Baratti R., Errico M.**, Pinna D., Deiana P., Porru M., “Modelling of an Amine Based CO2 Absorption Plant: an Alternative Approach through the Identification of the Number of Stages”, 24th European Symposium on Computer Aided Process Engineering – Escape 24, Budapest 15-18 June 2014 in Computer-Aided Chemical Engineering Vol. 28 A (ISBN: 978-0-444-63456-6; ISSN: 1570-7946), pp 169-174 (doi: 10.1016/B978-0-444-63456-6.50029-6).
6. Porru M., Saliu A., **Baratti R.**, “On the Modeling of C7+ Fractions with Real Components in Plant Simulations”, 24th European Symposium on Computer Aided Process Engineering – Escape 24, Budapest 15-18 June 2014 in Computer-Aided Chemical Engineering Vol. 28 A (ISBN: 978-0-444-63456-6; ISSN: 1570-7946), pp 577-582 (doi: 10.1016/B978-0-444-63456-6.50097-1).
7. Porru M., **Baratti R.**, Alvarez J., “Feedforward-feedback control of an industrial multicomponent distillation column”, Proceedings of the 19th IFAC World Congress, Cape Town, 24-29/08/2014, Volume 19, Part 1 (ISBN: 978-3-902823-62-5; ISSN: 1474-6670), pp 1266-1271 (doi: 10.3182/20140824-6-ZA-1003.01780).
8. Jarrett, J.P., **Ghisu, T.** Balancing configuration and refinement in the design of two-spool multistage compression systems ASME Turbo Expo 2014, Dusseldorf (Germany), 16-20 June 2014
9. **R. Orrù, R. Licheri**, C. Musa, **Cao G** (2014). Coupling SHS and SPS processes. *ADVANCES IN SCIENCE AND TECHNOLOGY*, vol. 88, p. 111-120, Faenza: Pietro VINCENZINI, Maurizio FERRARI and Mrityunjay SINGH, ISSN: 1662-0356, doi: 10.4028/www.scientific.net/AST.88.111
10. **Cau G; Cocco D;** Lucariello M; Petrollese M, Optimal generation scheduling for a hybrid stand-alone power system using renewable energy sources and hydrogen storage, Proceedings of the 27th International Conference on Efficiency, Cost, Optimization, Simulation and Environmental Impact of Energy Systems, ECOS 2014,
11. **Cau G; Cocco D; Tola V**, Solar assisted Ultra Supercritical steam power plants with Carbon Capture and Storage, Proceedings of the World Renewable Energy Congress (WREC) London August 3-8, 2014
12. CASCETTA M; **CAU G; PUDDU P; SERRA F**, A study of a packed-bed thermal energy storage device: test rig, experimental and numerical results, Atti del 68° Congresso Nazionale ATI 2014

13. Camerada **M**; Cau **G**; Cocco **D**; Damiano A; Demontis V; Melis T; Musio M, A pilot power plant based on concentrating solar and energy storage technologies for improving electricity dispatch, 69th Conference of the Italian Thermal Machines Engineering Association (ATI2014)
14. **Cocco D**; Petrollese M; Asquer C; Pistis A; Demontis V; Ortu L; Scano EA, Energy performance assessment of mesophilic anaerobic digestion of fruit and vegetable wastes in a pilot-scale reactor, ECOS 2014 pag. 830-840 Turku, Finland
15. Asquer C; Pistis A; **Cocco D**; Scano EA, Energy-oriented optimization of an anaerobic digestion plant for the combined treatment of solid and liquid wastes in a potato chips industrial plant, EU BC&E 2014, pag. 517-525 Hamburg
16. **M. Errico**, P. Pirellas, B.-G. Rong, C.E. Torres-Ortega, J.G. Segovia-Hernandez “The integration of the synthesis methodology in the design of a five component distillation sequence” European Symposium on Computer Aided Process Engineering (ESCAPE - 24), 15-19 June 2014, Budapest, HU.
17. R. Baratti, **M. Errico**, D. Pinna, P. Deiana, M. Porru “Modelling of an amine based CO<sub>2</sub> absorption plant: an alternative approach through the identification of the number of stages” European Symposium on Computer Aided Process Engineering (ESCAPE - 24), 15-19 June 2014, Budapest, HU.
18. C.E. Torres-Ortega, J.G. Segovia-Hernandez, F.I. Gomez-Castro, S. Hernandez, A. Bonilla-Petriciolet, B.-G. Rong, **M. Errico** “Optimization of alternative distillation sequences for natural gas sweetening” European Symposium on Computer Aided Process Engineering (ESCAPE - 24), 15-19 June 2014, Budapest, HU.
19. B.-G. Rong, **M. Errico**, J.G. Segovia-Hernandez “New intensified distillation systems for quaternary Petlyuk configuration” European Symposium on Computer Aided Process Engineering (ESCAPE - 24), 15-19 June 2014, Budapest, HU.
20. C. Ramirez, **M. Errico**, B.-G. Rong, J.G. Segovia-Hernandez “Comportamiento dinámico de procesos alternativos para la deshidratación del etanol por destilación extractiva” AMIDIQ-XXXV, 6-9 May 2014, Puerto Vallarta, Jalisco, Mexico.
21. Taris A., **Grosso M.**, Zonfrilli F., Guida V. (2014) Statistical Control of Commercial Detergents Production through Fourier Transform Infra-Red Spectroscopy, 24th European Symposium on Computer Aided Process Engineering, Budapest (H) in Computer-Aided Chemical Engineering Vol. 33 (ISBN: 978-0-444-63456-6), p. 601-606.
22. **Lallai A**; Campus A; Fois E, Economic optimization of a dual purpose plant by using biofuels, Fifth international Symposium on Energy from Biomass and Waste, 17-20 Novembre 2014, San Servolo, Venezia
23. **Andrea Manuella Bertetto**, Gianni Niccolini and Roberto Ricciu. A Portable Light Weight System for Saffron Harvesting, RAAD 2014 – 23rd International Workshop on Robotics in Alpe Adria Danube Region, September 3 - 5, 2014, Smolenice Castle, Slovakia.
24. **Andrea Manuella Bertetto**, Gianni Niccolini, Andrea Cadeddu, Lorenza Di Pilla and Roberto Ricciu. Home Automation Systems and PMV Classification for Moderate Confined Environments, RAAD 2014 – 23rd International Workshop on Robotics in Alpe Adria Danube Region, September 3 - 5, 2014, Smolenice Castle, Slovakia.
25. L. MAIS, **M. MASCIA**, **A. VACCA**, **S. PALMAS**, S. RIZZARDINI, **F. DELOGU**, On the electroreduction of Tantalum from 1-Butyl-1-Methylpyrrolidinium Bis(trifluoromethylsulfonyl)imide, XXXV RGERSEQ-ISTE3, Burgos (Spain), July 2014.
26. S. RIZZARDINI, **A. VACCA**, **M. MASCIA**, S. LAI, D. JAMBREC, W. SCHUHMANN, Electrochemical characterization of oligonucleotides with different length grafted on gold electrodes, 65th Annual Meeting of the International Society of Electrochemistry, Lausanne (Switzerland), September 2014.
27. L. MAIS, **M. MASCIA**, **A. VACCA**, **S. PALMAS**, **F. DELOGU**, Electrodeposition of Nb-Cu and Ta-Cu composites from 1-butyl-1-methylpyrrolidinium bis(trifluoromethylsulfonyl) imide, 65th Annual Meeting of the International Society of Electrochemistry, Lausanne (Switzerland), September 2014.
28. S. MONASTERIO, F. DESSÌ, **M. MASCIA**, **A. VACCA**, **S. PALMAS**, L. MAIS, Electrochemical treatment for the removal of Chlorella Vulgaris and Microcystis aeruginosa by using a fixed bed single cell, 65th Annual Meeting of the International Society of Electrochemistry, Lausanne (Switzerland), September 2014

29. P.AMPUDIA, S.PALMAS, A.VACCA, M.MASCIA, L.MAIS, S.MONASTERIO, S.RIZZARDINI, E.MUSU, Systematic investigation on the effect of the synthesis conditions on the performance of nanotubular structured electrodes, SiO<sub>2</sub> Advanced dielectrics and related devices, X International Symposium, Cagliari (Italy), June 2014.
30. A. VACCA, M. MASCIA, S. RIZZARDINI, S. PALMAS, S. LAI, C. NAPOLI, M. BARBARO. Functionalization of polycrystalline gold through the electroreduction of aryldiazonium salts in ionic liquids. 10th European Symposium on Electrochemical Engineering, Chia, Sardinia (Italy), October 2014.
31. L. MAIS, M. MASCIA, A. VACCA, S PALMAS, F. DELOGU. Voltammetric study on the behaviour of refractory metals in ([BMP][TFSA]) ionic liquid. 10th European Symposium on Electrochemical Engineering, Chia, Sardinia (Italy), October 2014.
32. R. MATARRESE, S. PALMAS, I. NOVA, A. LI BASSI, C.S. CASARI, V. RUSSO, M. MASCIA, A. VACCA. Photoelectrochemical characterization of hierarchical TiO<sub>2</sub> nanoarchitectures obtained by reactive pulsed laser deposition (PLD). 10th European Symposium on Electrochemical Engineering, Chia, Sardinia (Italy), October 2014.
33. S PALMAS, M. MASCIA, A. VACCA, J. LLANOS, E. MENA, M. RODRIGO, P. AMPUDIA. Hybrid nanotubular structures for photoelectrocatalysis or energy storage devices. 10th European Symposium on Electrochemical Engineering, Chia, Sardinia (Italy), October 2014.
34. P. AMPUDIA, S PALMAS, A. VACCA, M. MASCIA, R. MATARRESE, Design of Experiments (DOE) for synthesis of nanotubular structured electrodes. 10th European Symposium on Electrochemical Engineering, Chia, Sardinia (Italy), October 2014.
35. S. MONASTERIO S, F. DESSI, M. MASCIA, A. VACCA, S PALMAS, Electrochemical removal of microcystisaeruginosa in a fixed bed reactor. 10th European Symposium on Electrochemical Engineering, Chia, Sardinia (Italy), October 2014.
36. E. Melis, C. Asquer, A. Pistis, **P. F. Orrù**, E. A. Scano, "The Ogliastra forest biomasses: evaluations for possible energy purposes", Proceedings of the 22nd European Biomass Conference and Exhibition, Hamburg (Germany), 23-26 June 2014, pp. 192-202 [DOI: 10.5071/22ndEUBCE2014-1CV.3.40]
37. F.V. Caredda, A. Fanti, G. Gatto, G. Mazzarella, **P.F. Orrù**, I.L. Spano, E. Tanzi, F. Zedda, "EM Levek Evaluation in Indoor Environment", Proceedings of IEEE 49th International Universities Power Engineering Conference (UPEC 2014), Cluj-Nepoca (Romania), 2-5 Settembre 2014
38. G. Borelli, F.V. Caredda, A. Fanti, G. Gatto, G. Mazzarella, **P.F. Orrù**, A. Volpi, F. Zedda, "FMECA modelling and analysis in blood transfusion chain", Proceedings of 11th International Multidisciplinary Modeling & Simulation Multiconference, Bordeaux (France), 10-12 Settembre 2014
39. G. Borelli, F.V. Caredda, A. Fanti, G. Gatto, G. Mazzarella, **P.F. Orrù**, A. Serpi, I.L. Spano, E. Tanzi, A. Volpi, F. Zedda, "Preliminary study of RFID technologies for healthcare applications", Proceedings of 23rd Congress of the International Federation of Hospital Engineering (IFHE), Buenos Aires (Argentina), 13-16 Ottobre 2014
40. I.L. Spano, A. Serpi, A. Fanti, V. Nissardi, F.V. Caredda, **P.F. Orrù**, G. Mazzarella, I. Marongiu, G. Gatto, "Electromagnetic Compatibility Analysis of RFID and Implantable Medical Devices", Telecommunications Forum (TELFOR), 2014, 22st (submitted)
41. **Orrù P.F.**, Caredda F.V., Melis E., "Environmental and Economic Assessment of Energy Production in Small Plants by Using Forest Residues: a Case Study", Proceedings of the 5th International Conference on Development, Energy, Environment, Economics – DEEE'14, pp. 160-169 [ISBN: 978-960-474-400-8]

#### **Conferenze nazionali [8]**

1. **Baldi A; Bertolino F; Ginesu F**, TENSIONI RESIDUE E CORRELAZIONE DIGITALE DI IMMAGINI, 43 Convegno Nazionale dell' Associazione Italiana per l'Analisi delle Sollecitazioni, 9-12 settembre 2014 Rimini
2. A. Tronci, **G. Dionoro, P.F. Orrù**, L. Lanza, P. Buonadonna, "Ottimizzazione del processo di fissaggio del colore su tessuti di fibre naturali", Atti del 3° Congresso Nazionale del Coordinamento della Meccanica Italiana, Napoli, 30 Giugno - 1 Luglio 2014
3. G. Borelli, F.V. Caredda, A. Fanti, G. Gatto, G. Mazzarella, R. Montanari, **P.F. Orrù**, A. Volpi, F. Zedda, "Healthcare Supply Chain optimization: a comparison between two RFID-based reengineered processes", Atti del XIX Summer School "F. Turco", Senigallia (Italia), 9-12 Settembre 2014
4. **F. Floris**, B. Ilemm, **P.F. Orrù**, "A Multi-Dimensional Heat Conduction Analysis: Analytical Solutions Versus F.E. Methods in Simple and Complex Geometries with Experimental Results Comparison", 69th Conference of the Italian Thermal Machines Engineering Association, ATI2014, September, 2014

5. **Giorgio Pia**, Ludovica Casnedi, **Ulrico Sanna**. Determinazione della permeabilità di materiali lapidei nell'edilizia storica attraverso un modello frattale della microstruttura porosa. Pubblicato in atti del XII convegno AIMAT, ISBN 9788894040203, 2014, Lecce.
6. **Giorgio Pia**, Enrico Sassoni, Elisa Franzoni, **Ulrico Sanna**. Un approccio frattale per la modellazione della porosità e la determinazione del coefficiente di assorbimento capillare dei materiali lapidei nell'architettura storica. Pubblicato in atti del XII convegno AIMAT, ISBN 9788894040203, 2014, Lecce.
7. **Tola V**; Finkenrath M, Low temperature heat recovery through integration of Organic Rankine Cycle and CO2 removal systems in NGCC, ESDA 2014, 12th Biennial Conference on Engineering Systems Design and Analysis, 25–27 June 2014, Copenhagen, Denmark
8. **VALLASCAS R**; USAI M, FEM model for the miscuffing errors verification, Proceedings of IX Congress National Group Of Mechanical And Thermal Measurements (NMT 2014), September 11-13, 2014 Ancona, Italy

#### **Capitoli di libri [4]**

1. **Andrea Manuello Bertetto**, Service Robots and Robotics: Design and Application: Design and Application - Charter 18 Service Robot for Agriculture: A Case of Study for Saffron Harvesting, Published in The united States of America by Engineering Science Reference (an imprint of IGI Global)
2. **R. Ambu**, A. Zucchelli, G. Minak, "Residual stress evaluation in vitreous enameled steel sheets by digital images analysis of microstructures", Visual Computing - Scientific Visualization and Imaging Systems, Editor F.R. Leta, Springer (Germany), pp.171-188, (2014)
3. A. Concas, M. Pisu, **Cao G** (2014). Engineering Aspects related to the Use of Microalgae for bio-fuels production and CO2 capture from flue gas. In: Current Environmental Issue and Challenges. p. 73-111, ISBN: 978-94-017-8776-5
4. **ORRU' R**; **CAO G**, On the Exploitation of Self-propagating High-temperature Synthesis Reactions for Environmental Protection, Current Environmental Issues and Challenges, (2014) 169-182 ISBN: 978-94-017-8776-5