



POLITECNICO
MILANO 1863

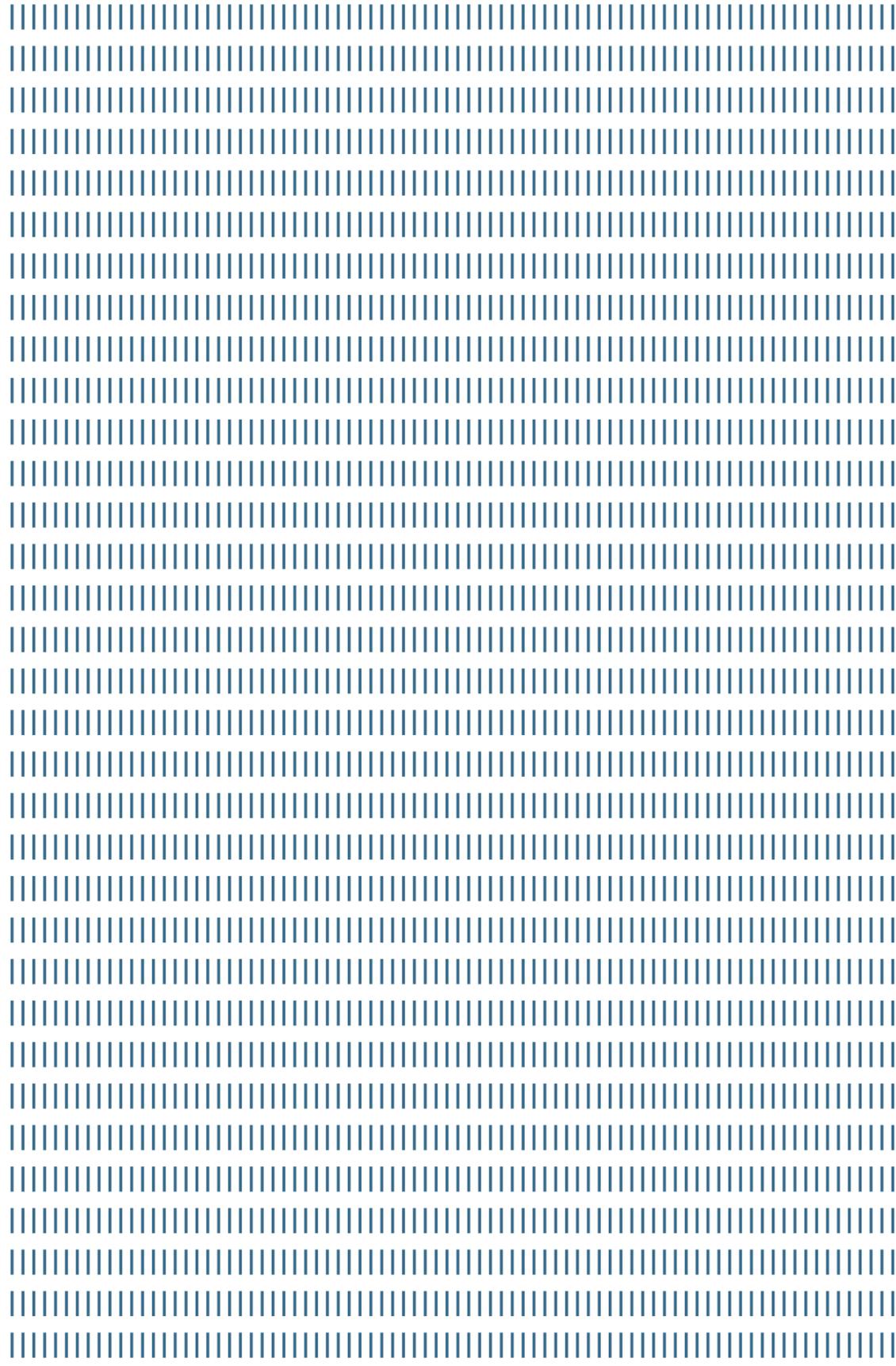
DIPARTIMENTO DI MECCANICA

meccanica magazine

NUMERO UNO



MILANO GENNAIO 2020 / PERIODICO ANNUALE / DISTRIBUZIONE GRATUITA





Meccanica Magazine

Periodico Annuale

Direttore Responsabile

Marco Bocciolone

Responsabile Editoriale

Emanuele Zappa

Comitato Editoriale

Silvia Barattieri (Coordinatore)

Paolo Schito

Gisella Tomasini

Andrea Manes

Riccardo Casati

Marina Carulli

Ali Gökhan Demir

Editore e Proprietario

Politecnico di Milano - Dipartimento di Meccanica

Meccanica Magazine, un anno del Dipartimento di Meccanica del Politecnico di Milano "in stampa". La nostra ricerca, i nostri risultati, la nostra cultura e il nostro sguardo verso il futuro.

Meccanica Magazine, a year of the Department of Mechanical Engineering of Politecnico di Milano "in print". Our research, achievements, culture, and a glance to the future.

Dipartimento di Meccanica
via Giuseppe La Masa, 1 - Milano
www.mecc.polimi.it



Pubblicazione annuale n. 1
Gennaio 2020

Registrazione presso il Tribunale di Milano n° 238 del 06/11/2019

Stampa: Editoria Grafica
Colombo - Valmadrera (LC)

Meccanica Magazine è realizzato
in collaborazione con:
Francesca Brambilla Comunicazione



Governance

Head of Department: Prof. Marco Bocciolone

Deputy Head: Prof. Bianca Maria Colosimo

Head of Administration: Dr. Alessandro Tosi Giorcelli

Scientific Commission

Prof. Marco Bocciolone
Prof. Bianca Maria Colosimo

Prof. Massimiliano Gobbi
Prof. Marco Giglio
Prof. Maurizio Vedani
Prof. Carlo Mapelli
Prof. Giorgio Colombo
Prof. Gaetano Cascini
Prof. Bortolino Saggin
Prof. Alfredo Cigada
Prof. Michele Monno
Prof. Giovanni Moroni
Prof. Paolo Pennacchi
Prof. Roberto Corradi

Department Board

Prof. Marco Bocciolone
Prof. Bianca Maria Colosimo

Prof. Francesco Braghin: international affairs
Prof. Stefano Manzoni: education
Prof. Francesco Ferrise: culture, sport, equal opportunities, social responsibility
Prof. Stefano Folletti: young researchers, research lines and department interactions
Prof. Riccardo Casati: communication and Alumni
Prof. Barbara Previtali: "Department of Excellence" and "Competence Center Made" projects

Dr. Alessandro Tosi Giorcelli

Research Lines

Dynamics and Vibration of Mechanical Systems and Vehicles: Head Prof. Roberto Corradi
Machine and Vehicle Design: Head Prof. Marco Giglio
Manufacturing and Production Systems: Head Prof. Giovanni Moroni
Materials: Head Prof. Maurizio Vedani
Measurements and Experimental Techniques: Head Prof. Bortolino Saggin
Methods and Tools for Products Design: Head Prof. Giorgio Colombo

Faculty and Staff (as of December 2019)

Full Professors: 34
Associate Professors: 43
Assistant Professors: 38
Research fellows: 70
PhD Candidates: 126
Technical and administrative staff: 47

Advisory Board

Roberto Beltrame: Managing Director at Microelettrica Scientifica and CEO at KBRSI (Knorr-Bremse Rail System Italia)

Paolo Braghieri: Business Owner at G.B.C. s.a.

Lorena Capoccia: CEO and Board Member at Sicme Motori

Paolo Cederle: Italian Executive Chairman and Country Manager at everis SpA

Lucia Chierchia: Managing Partner at Gellify

Alessio Facondo: CEO at RMS Srl

Marco Fainello: CTO at Danisi Engineering - Executive Director at Addfor SpA

Paolo Manzoni: Co-Founder NEGOCO Srl - QUIGO

Paolo Mosa: CEO at SNAM Rete Gas

Bartolomeo Pescio: SVP, Head BU Europe at Yara International

Andrea Zanella: CEO at DIANAX Srl

Department of Excellence

The Department of Mechanical Engineering is one of the 180 "Departments of Excellence" selected in January 2018 by Italian MIUR, Ministry of Education, University and Research. Chosen among over 750 competing departments, MeccPolimi will benefit of a five-year dedicated funding for recruitment of faculty and staff, infrastructures and education, linked to the development of the project LIS4.0 Lightweight and Smart Structures for Industry 4.0.

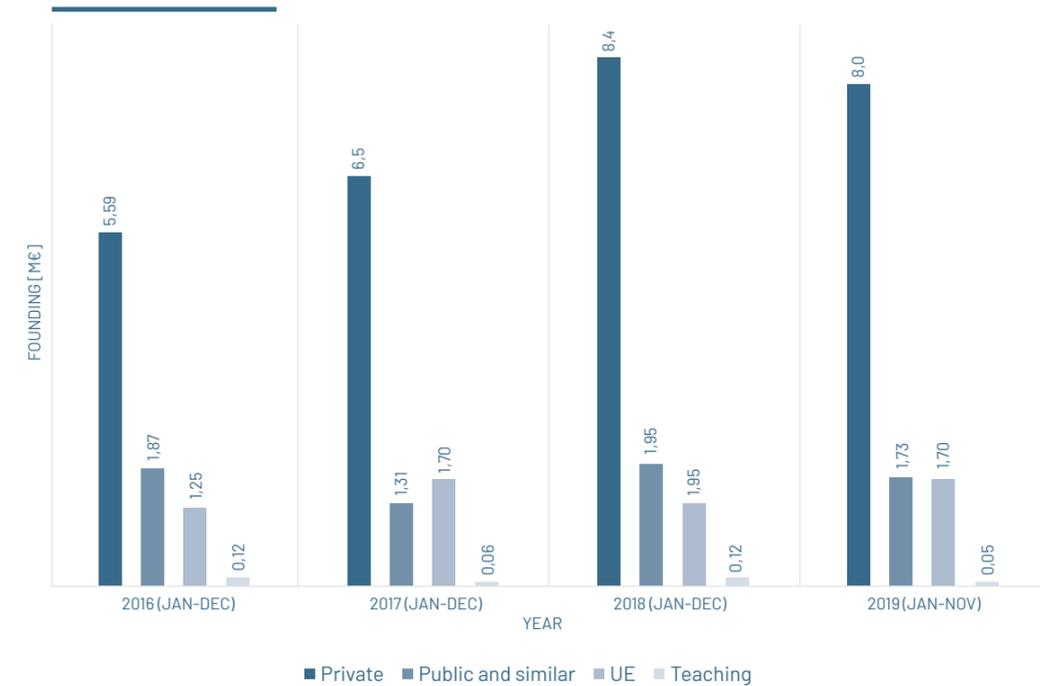
Rankings

In 2019 our Department achieved the 7th position in the world, 3rd in Europe and 1st in Italy according to QS World University Ranking by Subject - Mechanical, Aeronautical and Manufacturing Engineering.

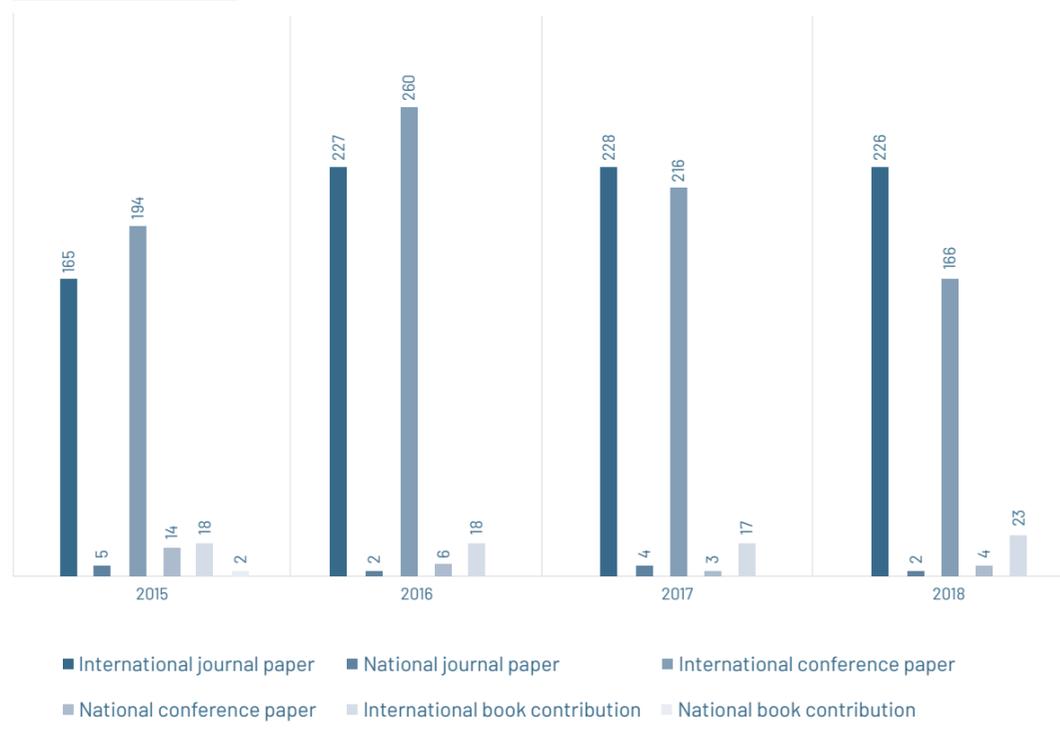
National and international research projects

22 H2020 EU-funded projects currently active

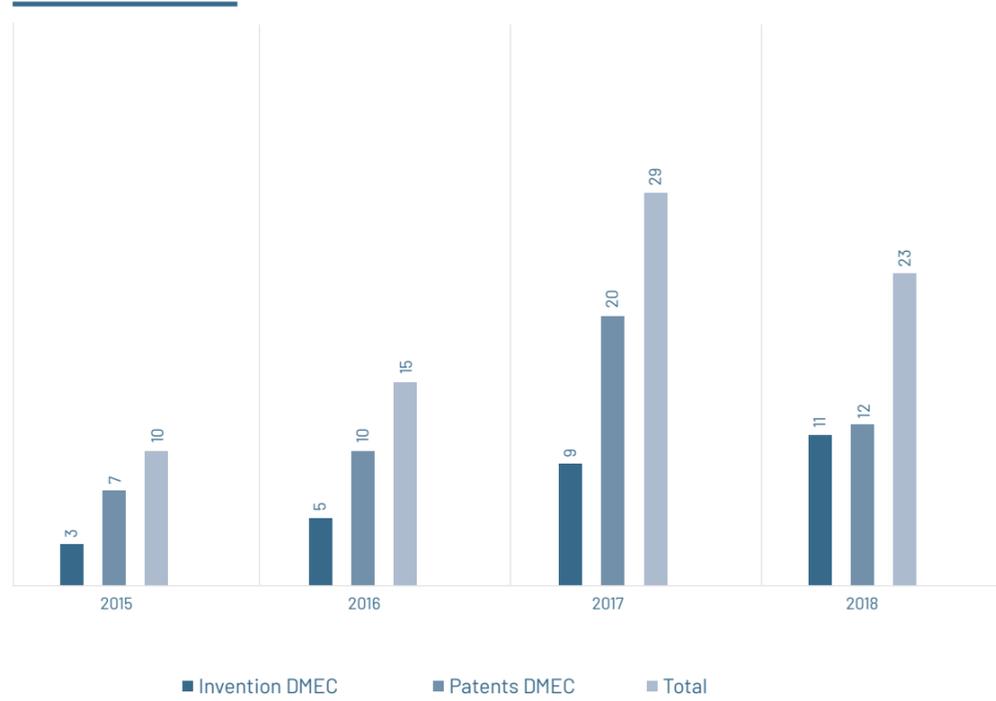
23 Other European/National/Regional projects currently active



Publications and Conferences



Patents / Inventions



7th ENGINEERING - MECHANICAL,
AERONAUTICAL & MANUFACTURING
QS WORLD UNIVERSITY RANKINGS 2019



Ferruccio Resta

Saluto del Rettore



ITA Più di trent'anni fa, con in tasca un diploma di maturità scientifica, ho messo piede, per la prima volta, al Dipartimento di Meccanica. Qui ho incontrato colleghi, maestri e amici, ho imparato e insegnato, ne ho diretto le attività. Un percorso guidato da un grande vantaggio: la consapevolezza di appartenere a una comunità rispettosa della persona e del suo talento. Valori che sono propri del Politecnico di Milano e che ancora oggi ne fanno la differenza nella ricerca, nella didattica, nel rapporto con le imprese e le istituzioni, con gli studenti e gli Alumni. Questo è quello che traspare sin dalle prime pagine di questa pubblicazione. "Meccanica Magazine" si apre, non a caso, con storie di vita vissuta, disegnando i sogni dei nostri studenti e le ambizioni dei nostri ricercatori.

Le pagine che state per sfogliare hanno il merito di far emergere una fotografia che va oltre il valore dei ranking internazionali o il numero delle pubblicazioni scientifiche; degli indicatori o gli indici di qualità. Se il Politecnico è riconosciuto tra le prime venti università al mondo nelle sue tre aree di studio e di ricerca (architettura, design e ingegneria), se oggi guarda al contesto internazionale con favore, se stringe rapporti di fiducia e di collaborazione con soggetti esterni all'ateneo è proprio grazie alla forza della sua comunità, dinamica e coesa. Grazie alla capacità di interpretare i bisogni e di dare risposte concrete a chi ha voglia di guardare avanti. Il Politecnico di Milano è la capacità di immaginare e progettare il futuro. Il Politecnico è la conoscenza e la forza per realizzarlo.

Ferruccio Resta
Rettore

ENG Foreword by the Rector

Over thirty years ago, with a high school diploma in my pocket, I set foot for the first time in the Department of Mechanical Engineering. Here I met colleagues, teachers and friends; I learned and taught; I directed its activities. A path guided by a great advantage: the awareness of belonging to a community that respects people and recognizes talents. Values that are proper to the Politecnico di Milano and that still make the difference in research and teaching, in the relationship with companies and institutions, with students and Alumni. This is clear right from the very first pages of this publication. Not surprisingly, "Meccanica Magazine" opens with real stories, drawing the dreams of our students and the ambitions of our researchers. These pages bring out a picture that goes beyond the value of international rankings and the number of scientific publications, beyond the quality of indicators and indexes.

If the Politecnico is recognized among the top twenty universities in the world in its three areas of study and research (architecture, design and engineering), if it is able to approach the international context with favor and establish strong and trustful relationships outside the academia, it is because of the strength and the vitality of this community. It is thanks to the ability to interpret the needs of those who want to look ahead and to give them concrete answers. The Politecnico di Milano is the ability to imagine and plan the future. The Politecnico is the knowledge and strength to achieve it.

Ferruccio Resta
Rector

Marco Bocciolone

La parola al Direttore

“

...È una pubblicazione che parla della nostra comunità – quasi 500 persone tra docenti e personale tecnico amministrativo, dottorande e dottorandi, post-doc, assegniste e assegnisti di ricerca – eterogenea e variegata, orgogliosa del suo ruolo pubblico e ricca di storie da raccontare; sono storie di ricerca, innovazione, cultura, entusiasmo e impegno quotidiani.

”



ITA

Care Amiche, Cari Amici,

con questo primo numero inauguriamo la rivista del Dipartimento di Meccanica del Politecnico di Milano, una pubblicazione annuale di cui sono particolarmente orgoglioso perché rappresenta un'ulteriore apertura del nostro mondo verso l'esterno, aziende, professionisti, colleghe e colleghi di università e centri di ricerca, Alumni e, perché no, tutti coloro in qualche modo curiosi di sapere qualcosa in più di noi e delle nostre attività. Una rivista a tutti gli effetti, dove troverete le notizie più significative legate al nostro Dipartimento, la fotografia aggiornata di quello che siamo, facciamo e abbiamo in programma di fare, i nostri numeri, la nostra storia.

È una pubblicazione che parla della nostra comunità – quasi 500 persone tra docenti e personale tecnico amministrativo, dottorande e dottorandi, post-doc, assegniste e assegnisti di ricerca – eterogenea e variegata, orgogliosa del suo ruolo pubblico e ricca di storie da raccontare; sono storie di ricerca, innovazione, cultura, entusiasmo e impegno quotidiani.

Veniamo allo scoperto consapevoli che, se la comunicazione sulle tre missioni dell'università – didattica, ricerca e trasferimento tecnologico, impegno sociale e pubblico – continua ad avvenire efficacemente e prevalentemente sui canali istituzionali dell'Ateneo e su quelli tradizionali della divulgazione scientifica (riviste, convegni, congressi, ...), tutto ciò che riguarda la "vita" della comunità rimane per lo più sconosciuto al di fuori delle mura del Dipartimento.

Con Meccanica Magazine proseguiamo e arricchiamo il nostro progetto di comunicazione, inaugurato anni fa con il sito web e la stampa di pubblicazioni sulle nostre linee di ricerca e la nostra storia e aggiornato nel 2018 con il lancio di una newsletter e di due canali

social. Non vi nascondo l'ambizione di farne uno strumento per dare il nostro contributo al dibattito sull'orientamento della ricerca, sulle innovazioni della didattica e più in generale sull'università, affinché questa diventi una presenza ancora più efficace nella ricerca, nell'innovazione e nella società civile.

Chiudo ringraziando coloro che nel triennio 2017-2019 hanno creduto e condiviso con me questo "sogno" creando le basi e le premesse affinché diventasse realtà:

- i Vicedirettori che con entusiasmo hanno promosso le azioni politiche e gestionali: Prof. Marco Giglio e Prof.ssa Bianca M. Colosimo;
- la Commissione Scientifica che ha fissato gli obiettivi e le finalità: Prof. Stefano Beretta, Prof. Marco Boniardi, Prof. Monica Bordegoni, Prof. Federico Cheli, Prof. Alfredo Cigada, Prof. Giorgio Colombo, Prof. Massimiliano Gobbi, Prof. Michele Monno, Prof. Giovanni Moroni, Prof. Paolo Pennacchi, Prof. Bortolino Saggin;
- la Giunta che ha messo a disposizione il supporto operativo ed economico: Prof. Roberto Corradi, Prof. Francesco Ferrise, Prof. Carlo Gorla, Prof. Nora Lecis; Ing. Stefano Petró, Prof. Emanuele Zappa, Ing. Alessandro Tosi Giorcelli;
- il Comitato Editoriale che con entusiasmo e competenza ha dedicato parte del proprio tempo alla redazione e organizzazione dei contenuti: Dott.ssa Silvia Barattieri, Ing. Paolo Schito, Prof.ssa Gisella Tomasini, Prof. Emanuele Zappa, Prof. Andrea Manes, Prof. Riccardo Casati, Dott.ssa Marina Carulli, Ing. Ali Gökhan Demir.

Marco Bocciolone

Direttore del Dipartimento di Meccanica

ENG

Introduction by the Head of Department**Dear Friends,**

with this first edition we inaugurate the magazine of the Department of Mechanical Engineering of Politecnico di Milano, an annual publication that I am particularly proud to present, as it stands out as a further opening of our milieu to the outside world of companies, professionals, colleagues of universities and research centers, Alumni and all those who may be interested in knowing something more about us and our activities. An authentic magazine, where you will find the most significant news related to our Department, the updated photograph of what we are, what we do and plan to do, our history and numbers.

It is a publication that speaks about our community - almost 500 people including professors and technical administrative staff, doctoral candidates, post-docs and research fellows - heterogeneous and diversified, proud of its public role and rich of stories yet to be told; stories of research, innovation, culture, enthusiasm and daily commitment.

We come out into the open aware that the conventional communication on the three "missions" of the university - teaching, research, knowledge and technology transfer, further education, social and public engagement - are still happening predominantly on the standard channels of our institute and on the traditional means of scientific dissemination (journals, conferences, congresses, ...). What concerns the "life" of the community, on the other hand, is still mostly unknown outside the walls of the Department.

With Meccanica Magazine we enrich our communication strategy, inaugurated a few years ago with our website and brochures, and re-

newed in 2018 with the launch of a newsletter and two social media channels. We have the ambition to contribute, with this periodical update, to the current debate on research, on educational and teaching innovations and more generally on the future of university, in order to strengthen its presence and role in the productive world, in research and innovation and in society at large.

My deepest gratitude to all the colleagues that during these past 3 years shared with me this "dream" and helped me consolidate it, by making it all happen:

- . my Deputies, Prof. Marco Giglio and Prof. Bianca M. Colosimo: they enthusiastically promoted all political and strategic actions;

- . the Scientific Commission, that shaped targets and objectives: Prof. Stefano Beretta, Prof. Marco Boniardi, Prof. Monica Bordegoni, Prof. Federico Cheli, Prof. Alfredo Cigada, Prof. Giorgio Colombo, Prof. Massimiliano Gobbi, Prof. Michele Monno, Prof. Giovanni Moroni, Prof. Paolo Pennacchi, Prof. Bortolino Saggin;

- . the Department Board, providing economical and operational support: Prof. Roberto Corradi, Prof. Francesco Ferrise, Prof. Carlo Gorla, Prof. Nora Lecis; Dr. Stefano Petrò, Prof. Emanuele Zappa, Dr. Alessandro Tosi Giorcelli;

- . the Editorial Board, who dedicated time and expertise in the writing and organization of the contents of this magazine: Dr. Silvia Barattieri, Dr. Paolo Schito, Prof. Gisella Tomasini, Prof. Emanuele Zappa, Prof. Andrea Manes, Prof. Riccardo Casati, Dr. Marina Carulli, Dr. Ali Gökhan Demir.

Marco Bocciolone



ITA

La Formula SAE è una competizione mondiale tra studenti universitari organizzata dalla Society of Automotive Engineers (SAE). Obiettivo del campionato è offrire l'opportunità a studenti di ingegneria di avvicinarsi al mondo delle corse automobilistiche. La competizione è nata nel 1978 negli Stati Uniti con il nome "SAE Mini Indy", mutato poi in "Formula SAE" nel 1981. Nel 1998 si svolge nel Regno Unito il primo evento europeo e, in questa occasione, l'IMEchE (The Institution of Mechanical Engineers) si impegna a collaborare con la SAE per l'organizzazione degli eventi europei. Ad oggi esistono dieci eventi ufficiali, organizzati da associazioni locali nei diversi stati del mondo. Tre di questi vengono organizzati negli USA, quattro in Europa (Italia, Germania, Austria e Regno Unito), i rimanenti in Australia, Brasile e Giappone.

Le vetture non solo devono essere veloci per vincere le diverse gare del campionato, ma agli studenti è richiesto anche di difendere le scelte progettuali davanti ad un panel di giudici che provengono dal mondo delle competizioni automobilistiche, presentare il progetto tenendo conto anche dei possibili business cases e valutarne la sostenibilità in termini economici e dei consumi.

Il Politecnico di Milano fonda il team Dynamis PRC (Polimi Reparto Corse) nel lontano 2004 e partecipa alla sua prima gara nel 2005. Da allora sono stati fatti enormi passi in avanti sia in termini di forma-

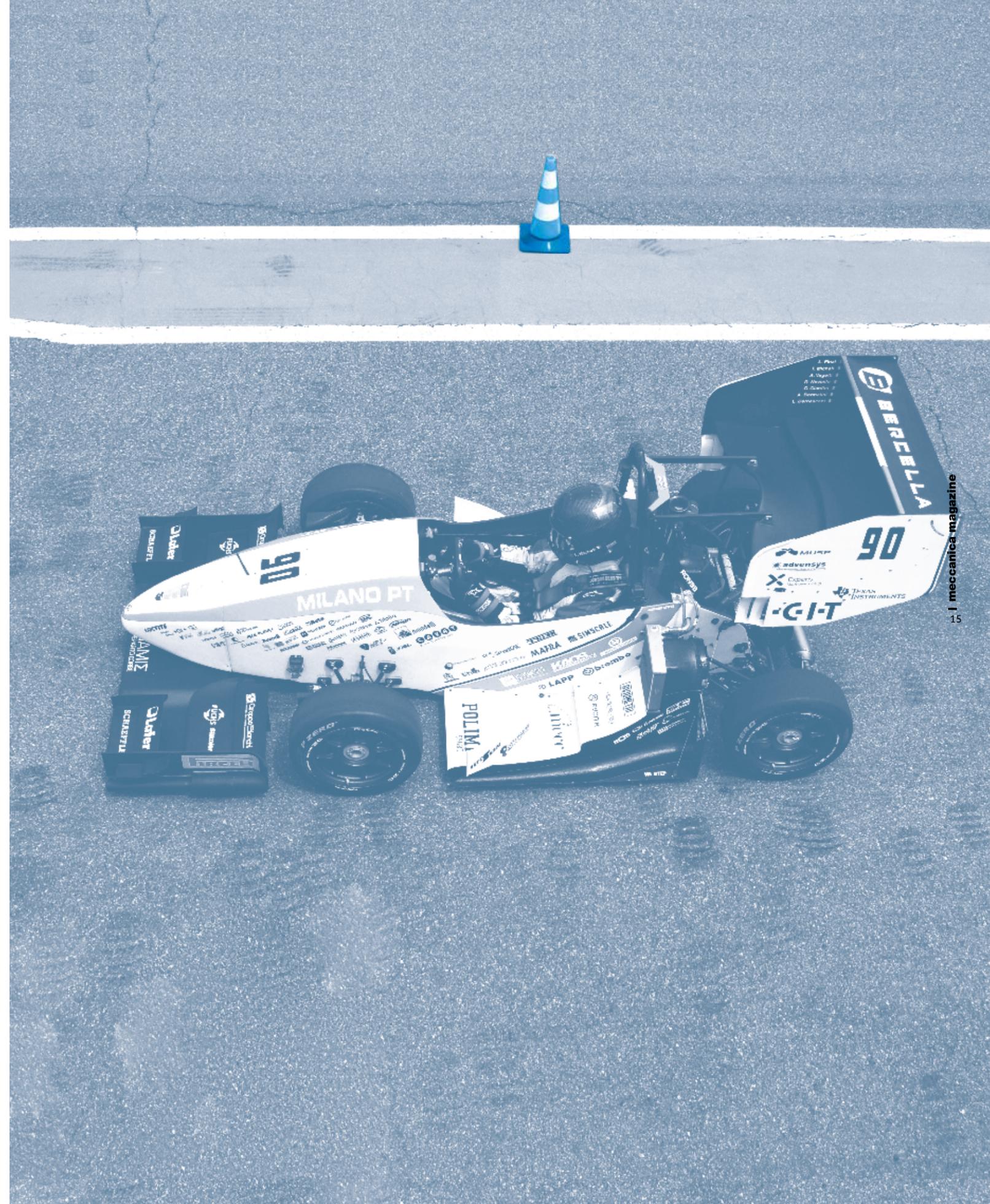
zione dei membri del team che delle soluzioni costruttive adottate e delle prestazioni della vettura tanto da meritare negli anni diversi premi che vanno dal miglior utilizzo dell'elettronica (premio National Instruments nel 2010) al miglior design (premio Opel nel 2017). Basti pensare che oggi la vettura è una monoscocca di carbonio e pesa, liquidi inclusi, poco più di 180kg.

Nella stagione 2018 il team Dynamis PRC ha partecipato a tre competizioni di Formula Student confermandosi sempre come miglior team italiano. Nella competizione italiana ha raggiunto il 4° posto (su 39 partecipanti) nella classifica generale, conquistando un importante 2° posto nel Design Event.

In Repubblica Ceca il risultato finale è il 6° posto (su 31 partecipanti) con un 1° posto nello SkidPad Event. Infine, nella gara in Germania, il team si è classificato 8° (su 58 partecipanti), raggiungendo il 6° posto nell'Autocross e soprattutto il 4° posto nel Design Event. Sono stati quindi confermati gli ottimi risultati dell'anno 2017 sebbene la vettura fosse stata completamente riprogettata sia per quanto riguarda le sospensioni, che per quanto riguarda le soluzioni strutturali ed aerodinamiche.

Nel Gennaio 2019 il team Dynamis PRC ha raggiunto il 4° posto a livello mondiale, il 2° in Europa e il 1° in Italia nel Formula Student Combustion World Ranking List.

Dynamis Polimi Reparto Corse: i bilanci di un anno di Formula Student



ENG

Dynamis PoliMi: 2018 achievements of our Formula Student team

Formula SAE is an international competition of students organized by the Society of Automotive Engineers (SAE). The goal of this competition is to offer engineering students the opportunity to get acquainted with car racing. It was originally started in the US in 1978 and was known as "SAE Mini Indy", which eventually became "Formula SAE" in 1981. The first race in Europe took place in the United Kingdom in 1998 and during the event the IMechE (The Institution of Mechanical Engineers) started a cooperation with SAE in order to organize races in Europe.

Today, ten official events are organized by local associations in different countries all over the world: three of them take place in the US, four in Europe (Italy, Germany, Austria, UK), and the remaining in Australia, Brazil and Japan.

Race cars have to be fast in order to win the competitions. But there is much more: students are also required to discuss design choices in front of a panel of race competitions judges, present the project considering realistic business cases and evaluate its economic sustainability and fuel consumption.

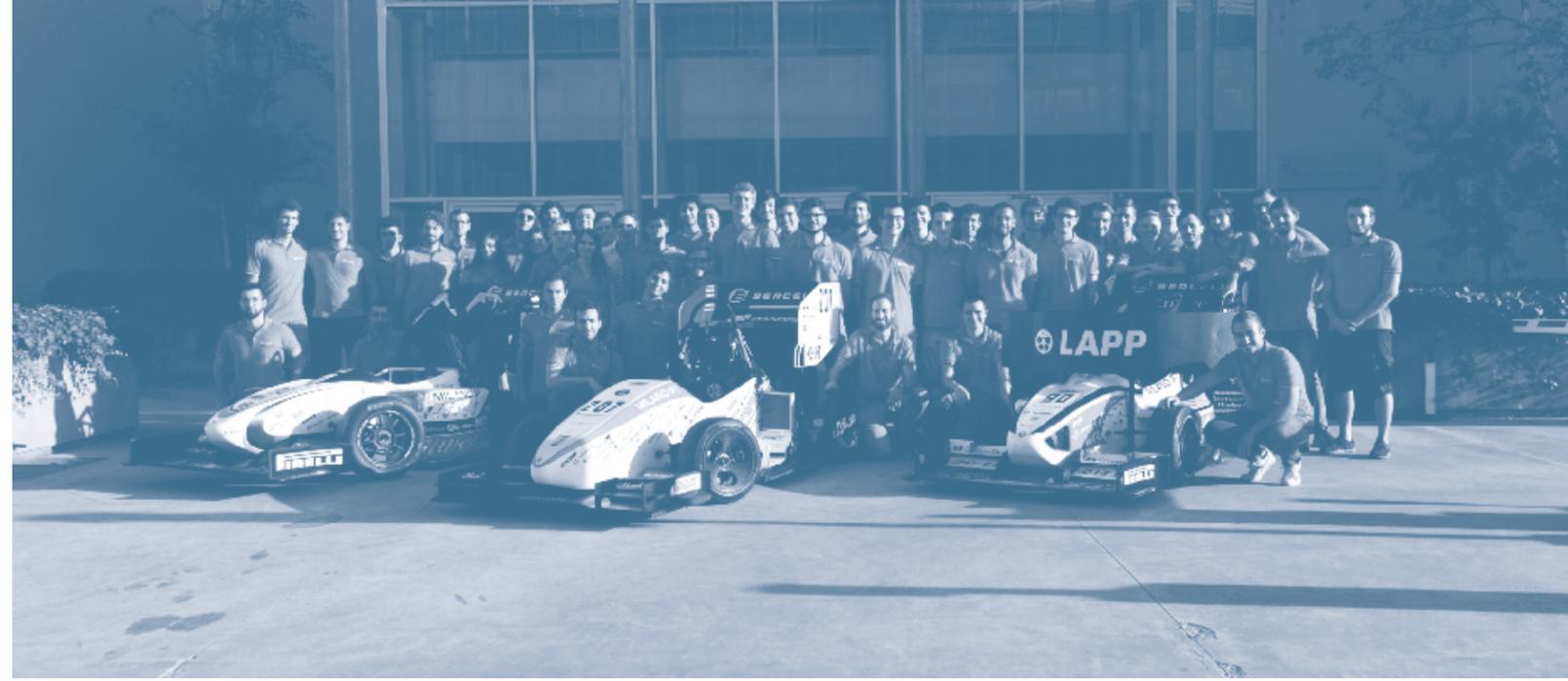
The team Dynamis PRC (Polimi Race Division) was founded by Politecnico di Milano in 2004, and participated to its first competition in

2005. It progressed enormously since then, both in terms of team composition, construction solutions and car performances. The team received a number of awards, such as best use of electronics (National Instruments award in 2010) and best design (Opel award in 2017).

As of today, the race car is a carbon fiber composite monocoque that weighs slightly more than 180 kg, fluids included.

In 2018 the team Dynamis PRC participated to three Formula Student competitions, always resulting as the best Italian team, achieving: the 4th place (out of 39 participants) in the general ranking in the Italian competition, with the 2nd place at the Design Event, the 6th place (out of 31 participants) in Czech Republic, with the 1st place in the SkidPad Event and the 8th place (out of 58 participants) in Germany, with the 6th place in the Autocross Event and the 4th place at the Design Event. The excellent results of 2017 were therefore confirmed, even though the race car had been totally redesigned both in its suspension system and for what concerns the structural and aerodynamic solutions.

In early 2019 the Team Dynamis PRC was ranked 4th in the world, 2nd in Europe and 1st in Italy in the Formula Student Combustion World Ranking List.



ITA

Ricercatrice MeccPolimi leader del Design for Additive Manufacturing Special Interest Group

Serena Graziosi è ricercatrice presso il Dipartimento di Meccanica del Politecnico di Milano dal 2011 e membro della Sezione Progetto e Disegno di Macchine, le cui principali tematiche di ricerca riguardano la definizione di metodologie e strumenti, a supporto del processo di progettazione e sviluppo di nuovi prodotti/sistemi. Uno dei principali campi di indagine è quello del Design for Additive Manufacturing (DfAM) ovvero la definizione di strategie per sfruttare pienamente le potenzialità progettuali offerte dalle tecnologie additive. Tali potenzialità spaziano, ad esempio, dalla progettazione di strutture leggere, geometricamente complesse, multi-funzionali e multi-materiale, alla creazione di prodotti customizzati. L'obiettivo è quello di individuare sempre nuovi scenari applicativi e strategie efficaci per sviluppare prodotti/sistemi ad elevato valore aggiunto. Serena Graziosi è inoltre membro del laboratorio AddMe. Lab del Dipartimento di Meccanica ed è stata recentemente nominata leader del Design for Additive Manufacturing (DfAM) Special Interest Group (SIG) supportato e promosso dalla Design Society.

Il DfAM SIG è stato istituito nel 2015, durante la 20ª edizione dell'International Conference on Engineering Design (ICED15), tenutasi presso il Politecnico di Milano, con l'obiettivo principale di creare un forum multidisciplinare per discutere nuovi modelli, metodi, processi e strumenti di progettazione per l'AM e formare futuri progettisti e ricercatori, al fine di sfruttare al meglio le nuove opportunità

di progettazione offerte dalle tecnologie additive. Il DfAM SIG si propone inoltre di stimolare lo sviluppo di nuovi processi di produzione additiva e il continuo miglioramento di quelli già esistenti. La Design Society, promotrice del DfAM SIG e fondata nel 2001, è un'organizzazione internazionale non governativa e no-profit, composta da ricercatori, professionisti e docenti che si occupano di progettazione. La mission della Design Society è quella di contribuire ad una comprensione, più ampia e formalizzata, di tutti gli aspetti che ruotano attorno al mondo della progettazione e promuovere l'uso di tale conoscenza, con finalità sociali e di benessere generalizzato. Le iniziative, i temi, le questioni e gli argomenti affrontati dalla Design Society sono discussi e divulgati attraverso Special Interest Groups, Chapter, Conferenze, Workshop, Summer School e pubblicazioni, in particolare quelle relative all'International Conference on Engineering Design (ICED), principale evento biennale della Design Society, e la rivista Design Science.



ENG

Assistant professor named leader of the Design for Additive Manufacturing Special Interest Group

Since 2011 Serena Graziosi is Assistant Professor at the Department of Mechanical Engineering of Politecnico di Milano and member of the Methods and Tools for Product Design Research Group. Its main research topics concern the definition of methodologies and tools to support the design and development of new products/systems. One of the main fields of investigation is Design for Additive Manufacturing (DfAM) that is the definition of strategies to fully exploit the design potentials provided by Additive Manufacturing (AM) technologies. These potentials range, for example, from the design of lightweight, geometrically complex, multi-functional and multi-material structures to the creation of customised products. The goal is to continuously investigate new application scenarios and effective strategies to develop high value-added products/systems.

Serena Graziosi is also a member of the AddMe.Lab laboratory of the Department of Mechanical Engineering and was recently named leader of the Design for Additive Manufacturing (DfAM) Special Interest Group (SIG) supported and promoted by the Design Society.

The DfAM SIG was established in 2015, during the 20th International Conference on Engineering Design (ICED15), held at Politecnico di Milano, with the primary objective of providing a multidisciplinary forum to discuss new design models, methods, processes and tools for AM and to train future designers and researchers to take advantage of the new design opportunities that AM technologies provide. The DfAM SIG also fosters constructive discussions to encourage the development of new manufacturing processes and the continuous improvement of the ones already available.

The Design Society, promoter of the DfAM SIG and founded in 2001, is an international non-governmental, non-profit organisation of design scientists, practitioners and educators. The mission of the Society is to contribute to a broad and formalised understanding of all aspects of design, and to promote the use of such generated knowledge for the good of humanity and the world we live in. The initiatives, themes, issues and questions addressed by the Design Society are discussed and disseminated through its Special Interest Groups, Chapters, Conferences, Workshops, Summer Schools, and publications, notably, the flagship biennial International Conference on Engineering Design (ICED) and the Design Science journal.



37 nuovi Dottorandi di Ricerca MeccPolimi: è la “classe del 2021”

ITA

Si è aperto a Novembre 2018 il 34° ciclo del Dottorato di Ricerca nelle università italiane: il Dipartimento di Meccanica del Politecnico di Milano ha accolto 37 nuovi candidati, il 10% in più rispetto al 2017, in linea con l'incremento medio di Ateneo.

I nuovi dottorandi muovono i primi passi di un percorso di studi triennale, il titolo più alto nel nostro sistema di istruzione, dedicato a ricerca e innovazione nelle quattro aree scientifiche caratterizzanti il PhD in Ingegneria Meccanica: Advanced Materials and Smart Structures, Sustainable Mobility, Engineering Design and Manufacturing for the Industry of the Future e MeccPhD International Track.

Quest'ultima area nasce da una strategia di internazionalizzazione avviata presso il MeccPolimi nel 2015, e propone un percorso in co-supervisione con un docente di un'università partner di Idea League (ETH Zurigo, Chalmers, TU Delft e RWTH Aachen), alleanza tra istituzioni universitarie scientifiche e tecnologiche top-level in Europa.

Il candidato inserito in questo track trascorre almeno 12 mesi di attività di ricerca presso il co-supervisor europeo. Oggi sono già attive due co-tutele con TU Delft e due con ETH Zurigo.

La caratterizzazione internazionale del nostro dottorato, inoltre, è testimoniata da una serie di ulteriori collaborazioni a livello europeo e mondiale, come i percorsi di Doppio PhD già attivi con TU Delft, Shanghai Jiao Tong University, Laval University e Technion Institute of Technology. Più in generale, la mobilità internazionale è considerata uno degli elementi fondamentali del percorso di dottorato ed è testimoniata dal numero di mesi trascorsi all'estero dei nostri candidati per periodi di ricerca (in media 6 mesi del percorso triennale).

Inoltre, sono attivi accordi con governi ed enti stranieri (CSC-China Scholarship Council, Governo Pakistano) per la copertura economica di borse di dottorato dedicate a dottorandi internazionali.

Complessivamente, il programma MeccPhD conta oggi oltre 110 candidati attivi con una presenza internazionale pari al 26%. Il nostro dottorato vanta un forte legame con il tessuto industriale, che investe significativamente in ricerca: per il 34° ciclo sono state infatti attribuite, oltre a 9 borse di dottorato erogate dal MIUR e dall'Ateneo, 26 borse/assegni finanziati con contratti di ricerca esterni. Come ogni anno, ai consolidati partner esterni si sono aggiunte nuove collaborazioni con industrie ed enti di ricerca, anche nell'ambito di progetti Europei.

Confermati nel 2018 anche gli ottimi dati che da sempre contraddistinguono il nostro percorso in termini di placement, ovvero l'inserimento nel mondo del lavoro al termine del dottorato. L'ultima indagine condotta dal Career Service del Politecnico di Milano rivela che il titolo di PhD è premiante in termini di posizionamento e retribuzione, rispetto a un laureato magistrale: se il PhD PoliMi trova lavoro con più facilità (94.4% vs 92.3%) e ha miglior retribuzione (1.992€ vs 1.460€), per il PhD in Meccanica la percentuale di impiego è del 100%, con stipendio medio di 2.067€.

Come da tradizione i nuovi dottorandi sono stati accolti dal prof. Paolo Biscari, Direttore della Scuola di Dottorato, e dalla prof.ssa Donatella Sciuto, Prorettrice vicaria del Politecnico di Milano, in un incontro di benvenuto. Anche a Meccanica c'è stata grande partecipazione dei nuovi candidati durante il Welcome Day con il Coordinatore, prof. Daniele Rocchi, e con i dottorandi dei cicli precedenti.

ENG 37 new PhDs MeccPolimi: it's the class of 2021

The 34th cycle of Doctoral Studies in Italy opened in November 2018: the Department of Mechanical Engineering of Politecnico di Milano welcomed 37 new candidates, 10% more than in 2017, in line with the average growth at University level. In these past few weeks the new PhD candidates have taken their first steps of a three-year educational path, the highest qualification in our education system, dedicated to research and innovation in the four scientific areas that characterize our Programme: Advanced Materials and Smart Structures, Sustainable Mobility, Engineering Design and Manufacturing for the Industry of the Future and MeccPhD International Track.

This last area was launched by MeccPolimi in 2015 as a strategic international project, and foresees a research path in co-supervision with a professor of an Idea League partner university (ETH Zurich, Chalmers, TU Delft and RWTH Aachen), the alliance of top-level scientific and technological institutions in Europe. Candidates enrolled in this track will spend at least 12 months of research activity at the institution of the co-supervisor. As of today, two co-tutelles with TU Delft and two with ETH Zurich are active.

Furthermore, the international characterization of our doctoral programme is evidenced by a series of fruitful collaborations at European and non-European level, such as the Double PhDs already signed with TU Delft, Shanghai Jiao Tong University, Laval University and Technion Institute of Technology. More generally, international secondments are considered as one of the core elements of our doctoral path, as confirmed by candidates' mobility rates (6 months on average, out of 3 years). International agreements with foreign governments/institutions are also available (CSC-China Scholarship Council, Pakistani Government), with the aim of providing scholarships dedicated to foreign candidates.

Overall, the MeccPhD programme comprises today more than 110 candidates, 26% of them being International. We rely on strong industrial collaborations, resulting in significant research funding: for the 34th cycle, in addition to 9 PhD scholarships granted by MIUR and the University itself, 26 scholarships/grants supported by external companies or research institutions were funded.

As every year, new collaborations with industries and research institutions have enlarged the list of consolidated external partners, also in the context of European projects.

In 2018 excellent employment data have also been confirmed: the latest survey conducted by the Career Service of Politecnico di Milano reveals that the PhD title is rewarding in terms of positioning and salary, compared to a master's degree: if a PoliMi PhD holder finds work more easily (94.4% vs 92.3 %) and has better pay (€ 1,992 vs € 1,460), for a PhD in Mechanical Engineering the percentage of employment is 100%, with an average salary of € 2,067.

All new doctoral students were welcomed by prof. Paolo Biscari, Dean of the Doctoral School, and Prof. Donatella Sciuto, Executive Vice-Rector of Politecnico. Great participation of new candidates also at MeccPoliMi, during the traditional Welcome Day with the Coordinator, prof. Daniele Rocchi, and with the doctoral candidates of the previous cycles.



MeccPolimi protagonista dell' Emerging African Innovation Leaders

ITA

Si sono svolte nel mese di Settembre 2018, presso la sede del MIP Politecnico di Milano - Graduate School of Business, le sessioni della prima fase dell'Emerging African Innovation Leaders (AfricalnLead), il programma del G7 per lo scambio e lo sviluppo della crescita dell'innovazione fondati sui paradigmi di quella che viene definita la Next Production Revolution (NPR). Il programma AfricalnLead ha come finalità la crescita della prosperità in Africa attraverso l'adozione dei principi della NPR combinando la comprensione delle dinamiche dell'innovazione con l'attenzione all'adozione di soluzioni sostenibili. I project manager sono il Politecnico di Milano e il Politecnico di Torino con il finanziamento dell'Agenzia Italiana per la Cooperazione allo Sviluppo. I ventuno partecipanti ci hanno raggiunti da Tunisia, Niger, Nigeria, Kenya, Etiopia e Mozambico. Gli specifici argomenti trattati in termini di NPR sono stati la digitalizzazione, l'energia e la mobilità. Giovedì 4 ottobre 2018 il Dipartimento di Meccanica ha coordinato la sessione relativa alle nuove prospettive per una mobilità sostenibile in Africa. Oratori del Dipartimento di Meccanica sono stati il prof. Stefano Bruni, il prof. Edoardo Sabbioni, l'ing. Michele Vignati e l'ing. Stefano Arrigoni.

Significative le presentazioni e le testimonianze delle aziende che hanno voluto essere parte del progetto: Pirelli & C. S.p.A (dr. Angelo Angileri), Vodafone Italia S.p.A. (dr. Gianluca Stefanini, dr. Alessandro Adamo), SINA S.p.A. (dr. Roberto Arditi), Basco s.r.l. (dr. Antonino Battaglia), E-CO hev Engineering (dr. Paolo Bernardini), Consorzio Poliedra del Politecnico di Milano (prof. Alberto Colorni).

ENG

MeccPolimi protagonist of the Emerging African Innovation Leaders

In September 2018 the first phase of Emerging African Innovation Leaders (AfricalnLead), a G7 program for the development of innovation strategies according to the Next Production Revolution (NPR) was run at MIP Politecnico di Milano - Graduate School of Business.

The AfricalnLead program aims at the growth of prosperity in Africa through the adoption of NPR principles, by combining innovation strategies with sustainable solutions.

Politecnico di Milano and Politecnico di Torino managed the project, funded by the Italian Agency for Development Cooperation, with 21 participants from Tunisia, Niger, Kenya, Ethiopia and Mozambique. NPR main concerns were related to digitalization, energy and mobility.

On October 4th 2018, the Department of Mechanical Engineering chaired the session dedicated to new perspectives for sustainable mobility in Africa, with presentations delivered by prof. Stefano Bruni, prof. Edoardo Sabbioni, dr. Michele Vignati and dr. Stefano Arrigoni.

A significant contribution to the discussion was also given by the industrial partners of the project: Pirelli & C. S.p.A (dr. Angelo Angileri), Vodafone Italia S.p.A. (dr. Gianluca Stefanini, dr. Alessandro Adamo), SINA S.p.A. (dr. Roberto Arditi), Basco s.r.l. (dr. Antonino Battaglia), E-CO hev Engineering (dr. Paolo Bernardini), Consorzio Poliedra Politecnico di Milano (prof. Alberto Colorni).

ITA

Polimi Motorcycle Factory:

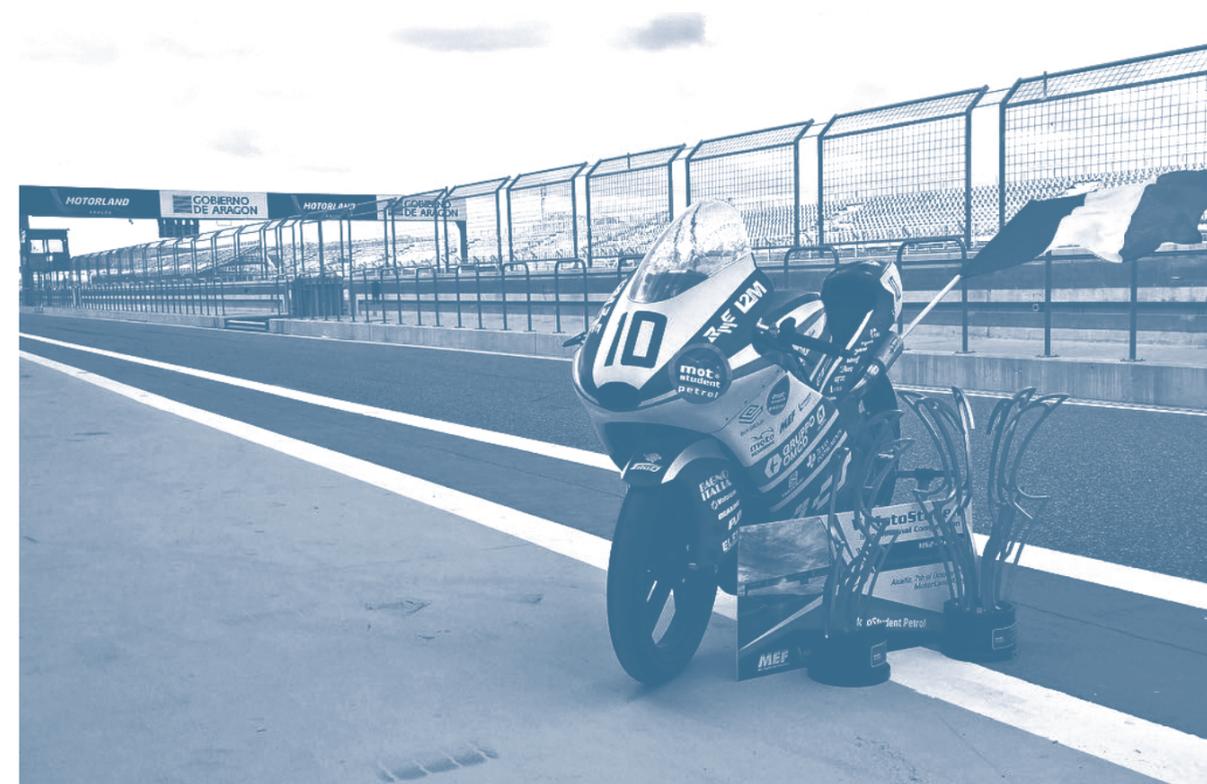
il team dell'Ateneo esordisce con il primo posto

Il Polimi Motorcycle Factory, "PMF", è un progetto del Politecnico di Milano nato nel 2015 su proposta di cinque studenti di Ingegneria Meccanica con l'obiettivo di partecipare alla competizione internazionale MotoStudent, promossa da Moto Engineering Foundation e TechnoPark MotorLand. I cinque appassionati pionieri del 2015 sono oggi un team di oltre 80 studenti e studentesse provenienti da più corsi di studio del Politecnico di Milano (dall'Ingegneria Meccanica, Energetica, Aerospaziale, all'Ingegneria dell'Automazione, Gestionale, Elettrica e Civile, fino al coinvolgimento di ragazzi e ragazze della scuola di Design) con il coordinamento scientifico del prof. Alan Facchinetti del Dipartimento di Meccanica. Cuore pulsante e "rumoroso" delle attività del team è l'officina inaugurata negli spazi del MeccPolimi nel novembre 2017.

La MotoStudent, organizzata su base biennale, è giunta oggi alla sua sesta edizione ed è aperta a ogni università con due diverse categorie: Petrol (motore a combustione interna) ed Electric (motore elettrico). Ogni team riceve dall'organizzazione il motore (diverso per ogni edizione), un set di gomme slick e l'impianto frenante (pinze e pompe freno). Il resto della motocicletta, nel rispetto del regolamento ufficiale, è invece completamente a carico di ogni squadra, sia per quanto riguarda la fase progettuale che per quella di realizzazione. Studenti e studentesse devono perciò progettare, sviluppare e infine costruire e assemblare tutte le componenti mancanti (telaio, sospensioni, scarico, carene, elettronica, ...): il prototipo così ottenuto è poi testato e valutato dalla giuria ufficiale nell'evento finale che si tiene presso il Motorland Aragón FIM Circuit, in Spagna.

La competizione è organizzata in due fasi principali, "MS1" ed "MS2". Nella prima (MS1) i team illustrano il prototipo con particolare attenzione alle scelte progettuali e realizzative. È previsto anche un punteggio per la parte di industrializzazione: la squadra deve presentare le scelte tecniche di produzione e di commercializzazione che sarebbero adottate ipotizzando che la moto sia prodotta in piccoli lotti. Parte conclusiva della MS1 è la valutazione del cosiddetto "Progetto Innovativo" che deve rappresentare una soluzione originale applicata alla moto per migliorarne le performance.

La seconda parte della competizione (MS2) è invece legata alla valutazione delle prestazioni del prototipo attraverso cinque prove in pista: frenata, gymkana, accelerazione, prova cronometrata di smontaggio carene e infine la gara vera e propria, che comprende anche prove libere e qualifiche. Le attività e le problematiche affrontate dal team durante le cinque fasi sono quelle di una vera e propria squadra da corsa, dalla progettazione alla gestione degli ordini verso fornitori esterni, all'impostazione della programmazione dei pezzi necessari per le varie prove in pista.



Fin dalla prima edizione a cui il team ha partecipato (MotoStudent 2015/2016, categoria Petrol) i risultati della squadra si sono subito rivelati più che incoraggianti: il team è riuscito a realizzare in meno di un anno un primo prototipo di moto in linea con il regolamento e in grado di portare a termine tutte le prove sia statiche che dinamiche, concludendo complessivamente in 10° posizione in MS1 e in 24° in MS2 (17° posizione assoluta). Questi risultati sono stati il punto di partenza per lo sviluppo del nuovo progetto, iniziato in ottobre 2016; nel biennio 2016-2018, grazie allo straordinario impegno di studenti e studentesse, il PMF è riuscito a realizzare un secondo prototipo con prestazioni al di sopra di tutte le oltre 40 moto sviluppate dalle altre Università.

Nel 2018, in occasione dell'evento finale MotoStudent V (6-9 ottobre) il team del Politecnico di Milano si è aggiudicato il primo posto assoluto della manifestazione. A una straordinaria vittoria in gara si sono aggiunti anche il primo posto nella prova di accelerazione, la vittoria nella prova di smontaggio carene, il premio velocità massima in gara, la seconda posizione nella sezione "Progetto Industriale" e la terza posizione nella valutazione del Progetto Innovativo. Un risultato senza precedenti.

Raggiunto questo traguardo eccezionale, il team è al lavoro oggi sull'attuale prototipo per ottimizzarlo e acquisire ulteriori conoscenze ed esperienze in vista della realizzazione del nuovo modello che a ottobre 2020 (MotoStudent VI) dovrà dimostrarsi all'altezza dei risultati già raggiunti. Per la nuova edizione, inoltre, il PMF ha deciso di intraprendere una nuova sfida e concorrere anche nella categoria Electric, visto il crescente interesse per questo tipo di veicoli anche in ambito motociclistico e la crescente rilevanza nell'ambito della stessa competizione.

ENG Polimi Motorcycle Factory: our University team debuts with the first absolute place in Aragón

Polimi Motorcycle Factory, "PMF", is a project of Politecnico di Milano founded in 2015 upon initiative of five students of Mechanical Engineering, with the aim of participating in the international MotoStudent competition, promoted by Moto Engineering Foundation and TechnoPark MotorLand. The five passionate pioneers of 2015 are now a team of more than 80 students from a number of different courses of Politecnico (ranging from Mechanical Engineering, Energy, Aerospace, Automation Engineering, Management, Electrical and Civil Engineering, and with the involvement of students belonging to the School of Design) with the scientific coordination of prof. Alan Facchinetti of MeccPolimi. The beating and "noisy" heart of the team's activities is the mechanical workshop inaugurated within the Department in November 2017.

The MotoStudent, organized every two years, has now reached its sixth edition and is open to every university, with two different categories: Petrol (internal combustion engine) and Electric (electric engine). Each team receives the engine from the organization (different for each edition), a set of slick tires and the braking system (calipers and brake pumps). The rest of the motorcycle, in compliance with the official regulation, has to be provided by each team, in terms of design and realization. The students must therefore project, develop and finally build and assemble all the missing components (chassis, suspension, exhaust, fairings, electronics, ...): the prototype thus obtained is then tested and evaluated by the official jury in the final event held at the Motorland Aragón FIM Circuit, in Spain.

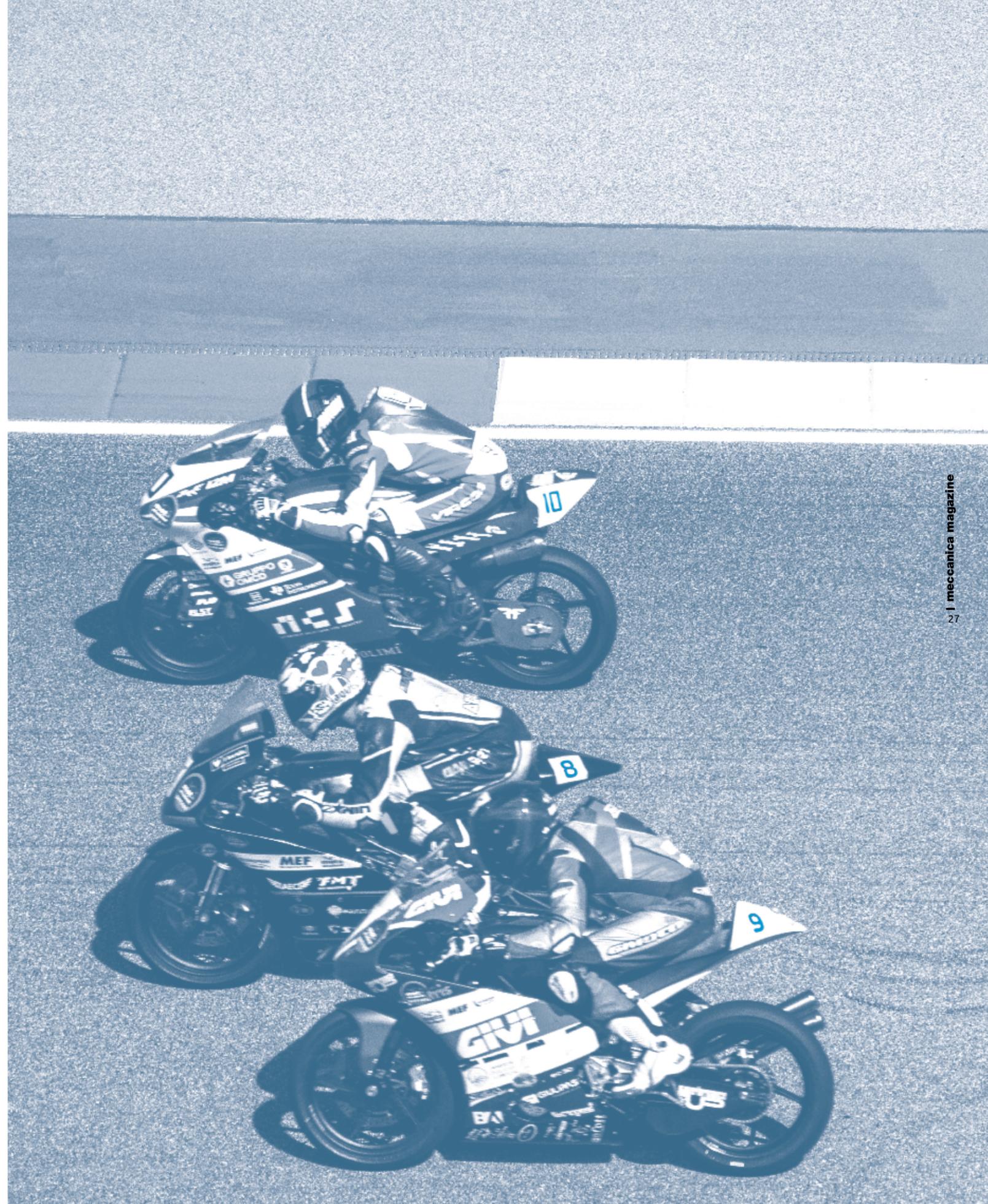
The competition is organized in two main phases, "MS1" and "MS2". In the first one (MS1) the teams illustrate the prototype with particular attention to the design and construction choices. The industrialization part is also relevant: the team must present the technical production and marketing choices that would be adopted assuming that the bike is produced in small lots. The conclusive part of the MS1 is the evaluation of the so-called "Innovative Project" that must represent an original solution applied to the bike to improve its performance.

The second part of the competition (MS2) is linked to the evaluation of the performance of the prototype through five tests on the track: braking, gymkana, acceleration, timed demounting of fairings and finally the actual race, which also includes free practice and qualifications. The activities and problems faced by the team during the five phases are those of a real racing team, from design and management of external suppliers, to the selection of the parts needed for the different activities.

Since its first participation (MotoStudent 2015/2016, Petrol category) the team's results immediately proved to be more than encouraging: the team was able to achieve a prototype motorcycle, in line with the regulation and able to carry out all the tests, both static and dynamic. The team achieved the 10th position in MS1 and the 24th in MS2 (17th absolute position); these results were the starting point for the development of the new project, that begun in October 2016. In the two-year period 2016-2018, thanks to the extraordinary commitment of the students, the PMF was able to create a second prototype with performances above all the more than 40 bikes developed by other universities.

In 2018, on the occasion of the final MotoStudent V event (6-9 October), the team of Politecnico di Milano won the first place of the event. An extraordinary victory in the race was also joined by the first place in the acceleration test, the victory in the fairing disassembly test, the maximum speed award in the race, the second position in the Industrial Project section and the third position in the evaluation of the Innovative Project. An unprecedented result.

Having reached this exceptional milestone, the team is working today on the current prototype to optimize it and acquire further knowledge and experience in view of the realization of the new model that in October 2020 (MotoStudent VI) will have to prove itself up to the results already achieved. Furthermore, for the new edition, the PMF has decided to take on a new challenge and also compete in the Electric category, given the growing interest in this type of vehicle also in the motorcycle sector and the growing importance in the context of the same competition.





Al Politecnico di Milano la nuova Laurea Magistrale in Mobility Engineering



Città sempre più Smart, vettori innovativi, collegamenti nazionali e internazionali sempre più complessi, problemi di sicurezza e impatto ambientale: sono solo alcune delle criticità a cui gli esperti di mobilità sono chiamati a rispondere. Un settore che richiede oggi di essere governato da figure professionali che sappiano unire competenze tecnico-ingegneristiche-gestionali a un approccio attento alle nuove opportunità tecnologiche.



Ferruccio Resta
Rettore Politecnico di Milano



ITA Lo scorso 1° Febbraio 2019 il Rettore del Politecnico di Milano Ferruccio Resta ha presentato con queste parole la nuova Laurea Magistrale in Mobility Engineering, il corso di studi voluto dall'Ateneo per la formazione dell'ingegnere della mobilità.

Questa nuova figura svilupperà una conoscenza approfondita dei sistemi della mobilità e delle tecnologie ad essa collegate con un forte approccio scientifico e ingegneristico; affronterà il tema della mobilità a più livelli, partendo dalle infrastrutture terrestri (strada e rotaia) e dai sistemi regolatori e di sicurezza, per passare all'erogazione dei servizi di mobilità e agli scenari futuri di innovazione.

Obiettivo del corso è dare al laureato in ingegneria della mobilità gli strumenti necessari per affrontare la complessità dei sistemi di mobilità e la loro dipendenza dall'interazione tra diversi aspetti critici, quali ad esempio la sicurezza, la pianificazione e gestione dei sistemi, gli impatti sull'ambiente. Con questo background la nuova figura si candida a coprire posti qualificati in diversi tipi di organizzazioni, come operatori di trasporto, anche multinazionali, amministrazioni pubbliche e regolatori a livello nazionale ed europeo, imprese produttrici di materiale rotabile e tecnologie a supporto.

Al fine di svolgere le funzioni sopra descritte e governare appieno le tematiche di sicurezza che nascono da interazioni complesse tipiche del sistema della mobilità, il programma del corso in Mobility Engineering è stato concepito come un programma multidisciplinare, che copre le seguenti aree di competenza:

- evoluzione della tecnologia del veicolo;
- asset management e manutenzione;
- sistemi integrati di mobilità;
- infomobilità e tecnologie IT a supporto della mobilità integrata;
- nuovi modelli di business e analisi finanziaria;
- mobilità e scenari di sviluppo urbano;
- etica.

I risultati dell'apprendimento attesi sono molteplici:

- comprendere contesti, funzioni, componenti dei sistemi della mobilità in termini di caratteristiche chiave e trend di sviluppo, con particolare attenzione agli aspetti legati alla sicurezza;
- comprendere le relazioni tra le diverse componenti dei sistemi della mobilità (e.g. operatori, veicoli ...) e impatto sulle performance del sistema nel suo complesso e delle singole componenti;
- identificare le tecnologie e le metodologie che sono rilevanti in relazione a specifici segmenti della mobilità (e.g. mobilità elettrica, carburanti alternative) e specifiche componenti del sistema;
- progettare soluzioni innovative applicando un approccio scientifico e ingegneristico (sulla base di un background multidisciplinare) al fine di affrontare i problemi e le opportunità in relazione alla gestione in sicurezza dei sistemi della mobilità;
- interagire in un modo professionale, responsabile, efficace e costruttivo con i colleghi in un contesto multidisciplinare nell'ambiente di lavoro.

Unico nel suo genere, il corso di Mobility Engineering è supportato da partner (enti e industrie leader del settore) che hanno collaborato con l'Ateneo per definire il programma di studi. I partner sosterranno le attività didattiche anche con interventi seminariali, ospitando visite tecniche, proponendo tesi in azienda, offrendo stage ai laureati e mettendo a disposizione borse di studio. I partner attualmente attivi sono Alstom Italia, Ansaldo STS, ATM, Brebemi, Brescia Mobilità, EvoBUS Italia, Gruppo FS Italiane, Hitachi Rail, Italscania, Lucchini RS, Mermec Group, Metra, Trenord. L'Advisory Board del Corso di Studi sarà composto da rappresentanti degli enti e delle industrie coinvolte nel progetto, costituendo così un importante momento di confronto.

ENG

At Politecnico di Milano the new Master's Degree in Mobility Engineering

"Increasingly Smart Cities, innovative carriers, complex national and international connections, safety issues and environmental impact: these are just some of the critical issues that mobility experts, today, are asked to solve. This sector therefore requires professional figures who know how to combine technical-engineering-managerial skills with a careful approach to new technological opportunities". With these words, the Rector of Politecnico di Milano Ferruccio Resta presented on February 1st the new Master's Degree in Mobility Engineering, the course of study designed and launched by the University with the aim of training the new mobility engineer.

This new figure will develop a thorough knowledge of mobility systems and technologies connected to it with a strong scientific and engineering approach. S/he will address the issue of multi-level mobility, starting from the ground infrastructure (road and rail) and the regulatory and safety systems, moving onto the definition of mobility services and future innovative scenarios.

The aim is to give the graduate in mobility engineering the tools necessary to address the complexity of mobility systems and their dependence on the interaction between different critical aspects, such as safety, system planning and management, environmental impacts. With this background, the new figure will be able to achieve qualified positions in different types of organizations, such as multinational transport operators, public administrations and regulators at national and European level, companies producing rolling stock and supporting technologies.

In order to perform the functions described above and to fully govern the security issues arising from complex interactions typical of mobility systems, the mobility engineering course program is conceived as a multidisciplinary program, covering the following areas of expertise:

- the evolution of vehicle technology;
- asset management and maintenance;
- integrated mobility systems;

- infomobility and IT technologies to support integrated mobility;
- new business models and financial analysis;
- mobility and urban development scenarios;
- ethics.

The expected learning outcomes of the Mobility Engineering Course are:

- understanding contexts, functions, components of mobility systems in terms of key characteristics and development trends, with particular attention to safety aspects;
 - understanding the relationships between the different components of the mobility systems (e.g. operators, vehicles ...) and the impact on the performance of the system as a whole and of the individual components;
 - identifying the technologies and methodologies that are relevant in relation to specific segments of mobility (e.g. electric mobility, alternative fuels) and specific components of the system;
 - designing innovative solutions by applying a scientific and engineering approach (based on a multidisciplinary background) in order to address problems and opportunities in relation to the safe management of mobility systems;
 - interacting in a professional, responsible, effective and constructive way with colleagues in a multidisciplinary context in the workplace.
- Unique in its kind, the Mobility Engineering course is supported by partners (leading organizations and industries in the sector) who have collaborated with the University to define the study program. The partners will support the teaching activities also with seminars, technical visits, theses, offering internships to graduates and providing scholarships. As of today the active partners are Alstom Italia, Ansaldo STS, ATM, Brebemi, Brescia Mobilità, EvoBUS Italia, Gruppo FS Italiane, Hitachi Rail, Italscandia, Lucchini RS, Mermec Group, Metra, Trenord. The Advisory Board of the Degree Course will be composed of representatives of the bodies and industries involved in the project, thus providing a relevant opportunity for exchange of good practices.



ITA

Marie Skłodowska-Curie actions:

in partenza 7 nuove posizioni PhD finanziate dall'Unione Europea

Nel corso del 2019 il Dipartimento di Meccanica ha ottenuto dall'Unione Europea il finanziamento di 7 nuove posizioni di dottorato di ricerca nell'ambito delle azioni H2020 Marie Skłodowska-Curie ITN (Innovative Training Networks). Il Dipartimento è infatti partner di quattro consorzi finanziati dalla UE in collaborazione con altre università, enti di ricerca e soggetti industriali finalizzati al training universitario e aziendale post-laurea, e al completamento di percorsi di dottorato internazionali e intersettoriali.

Tre posizioni sono riferite al progetto DIGIMAN 4.0 - DIGItal MANufacturing Technologies for Zero-defect Industry 4.0 Production, con il coordinamento per MeccPolimi dei proff. Massimiliano Annoni, Marcello Colledani e Marcello Urgo, e con focus specifico in questi tre ambiti: Tecnologie Industria 4.0 per la definizione automatica delle sequenze di processo e della configurazione di celle produttive; Tecnologie Industria 4.0 a supporto di sistemi cyber-fisici per l'assemblaggio di parti complesse basato su requisiti di qualità nel settore aeronautico; Tecnologie Industria 4.0 a supporto dello scheduling delle operazioni di riparazione di palette di turbine.

ENHAnCE - European training Network in intelligent prognostics and Health mAnagement in Composite structurEs - sotto la supervisione degli ingg. Claudio Sbarufatti e Francesco Cadini, si occuperà di formazione su temi di diagnostica e prognostica di strutture in materiale composito, sulla base di segnali reali da trasduttori a ultrasuoni e sensori di emissione acustica e dati simulati da modelli digital twin, processati da algoritmi di intelligenza artificiale. In quest'ambito sarà bandita una posizione di PhD dal titolo Development of Real-time Model-Enhanced Structural Health Monitoring

Systems for Composite Structures.

Il gruppo di ricerca MeccPolimi sull'ingegneria del vento è coinvolto in due diversi progetti MSCA: LIKE - LIdar Knowledge Europe - e STEP4WIND: sotto la guida del prof. Alberto Zasso, LIKE offrirà un percorso di dottorato nell'area del controllo di parchi eolici, dedicato allo sviluppo di tecnologie Lidar-assisted per la mappatura del flusso in Galleria del Vento e in full-scale, finalizzata alla validazione dei modelli di scia e al controllo delle turbine eoliche. Il kick-off del progetto si è tenuto lo scorso 23 Ottobre 2019.

Kick-off previsto nella primavera del 2020, infine, per STEP4WIND: finanziato in ambito EID - European Industrial Doctorate, il progetto propone un focus specifico sulle sfide tecnologiche e imprenditoriali che caratterizzano lo sviluppo di grandi parchi eolici off-shore. I due percorsi di dottorato previsti, supervisionati dal prof. Marco Belloli, saranno dedicati rispettivamente allo sviluppo delle metodologie ibride di prova in bacino oceanico e in galleria del vento, e alla modellazione numerica dei sistemi di ormeggio per turbine eoliche galleggianti off-shore (FOWTs) e parchi eolici galleggianti.

ENG

Marie Skłodowska-Curie actions: 7 new PhD funded by the European Union

During 2019 the Department of Mechanical Engineering obtained funding from the European Union for 7 new PhD positions within the H2020 Marie Skłodowska-Curie ITNs (Innovative Training Networks). The Department, in fact, is partner of four European winning consortia that include other universities, research institutions and industrial companies, aimed specifically at third-level university education and research activities, and at the completion of international and intersectoral doctoral programs.

Three positions refer to project DIGIMAN 4.0 - DIGItal MANufacturing Technologies for Zero-defect Industry 4.0 Production, with the coordination for MeccPolimi of proff. Massimiliano Annoni, Marcello Colledani and Marcello Urgo, and with specific focus on these topics: Automatic process planning and design of manufacturing cells in Industry 4.0 production; Cyber-physical system for feed-forward and quality-oriented assembly of complex aerospace parts in Industry 4.0 production; Industry 4.0 risk-based scheduling in turbine blades production.

ENHAnCE - European training Network in intelligent prognostics and Health management in Composite structurEs - under the supervision of dr. Claudio Sbarufatti and dr. Francesco Cadini, will provide training on diagnostics and prognostics of composite material

structures, based on real-time signals from ultrasound transducers and acoustic emission sensors and data simulated by digital twin models, processed by artificial intelligence algorithms. In this context, the specific PhD position announced will focus on the development of Real-time Model-Enhanced Structural Health Monitoring Systems for Composite Structures.

Our research group on wind engineering is involved in two different MSCA projects: LIKE - LIdar Knowledge Europe - and STEP4WIND: under the supervision of prof. Alberto Zasso, LIKE will offer a PhD position in the area of wind farm control, dedicated to the development of Lidar-assisted wind farm control in wind tunnel and full scale, aimed at validating wake models and at developing wind turbine control strategies. The kick-off of the project was held on October 23rd 2019.

The last kick-off meeting is scheduled for STEP4WIND, in the spring of 2020: funded within the EID framework - European Industrial Doctorate, the project will focus on the technological and entrepreneurial challenges in the development of large offshore wind farms. The two doctoral positions available, supervised by prof. Marco Belloli, will be dedicated respectively to the development of hybrid test methods in ocean basin and wind tunnel, and to the numerical modeling of mooring systems for offshore floating wind turbines (FOWTs) and floating wind farms.

ITA

Lavori del futuro: al via i progetti Europei LILIAM e SAM

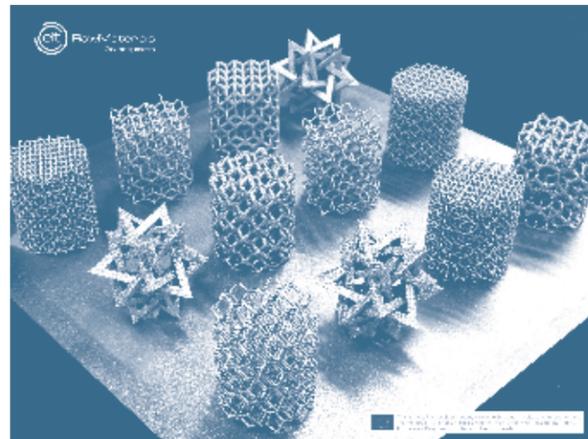
per formare i nuovi esperti di Additive Manufacturing

L'Europa del manifatturiero punta oggi sull'Additive Manufacturing (AM), tra i pilastri principali del piano Industria 4.0, per mantenere la leadership nel settore industriale.

Forte della presenza sul territorio dei principali sviluppatori di macchine, sistemi e software per l'Additive Manufacturing e delle start-up più innovative nate negli ultimi anni, il Vecchio Continente deve ora colmare la mancanza di competenze e di professionisti con una formazione specifica nel settore, per consolidare la preminenza di queste tecnologie.

In quest'ottica è stato recentemente inaugurato il progetto LILIAM - Lifelong Learning for Additive Manufacturing, che ha l'obiettivo di sviluppare uno standard Europeo di formazione per operatori, specialisti, ingegneri e manager nel campo dell'Additive Manufacturing e di realizzare il primo certificato Europeo di training in ambito AM. I moduli formativi, che combineranno approcci di didattica tradizionale e innovativa, verranno progettati da un network internazionale di partner appartenenti a 8 paesi Europei (Sirris (BE), CEA (FR), Aitiip (SP), Fotec (AT), Tampere University of Technology (FI), Fraunhofer IWS (GE), Trentino Sviluppo (IT)) coordinati dal Dipartimento di Meccanica del Politecnico di Milano sotto la guida della prof.ssa Bianca M. Colosimo.

Il progetto, di durata biennale, è stato inaugurato il 24 gennaio 2019 ed è finanziato da EIT - Raw Materials.



Nel corso del primo anno il consorzio ha definito i requisiti del programma formativo con il supporto di un board industriale composto da rappresentanti di diversi settori e diversi paesi Europei, e ha progettato i moduli formativi (materiali e processi per Additive Manufacturing, design di prodotto e ottimizzazione di processo, modellazione e simulazione di processo, monitoraggio e controllo della qualità, tecnologie per trattamenti e lavorazioni post-process, processi ibridi, qualifica e certificazione, standard e gestione della proprietà intellettuale, analisi dei costi e lifecycle assessment, economia circolare applicata alla stampa 3D).

Durante il 2020 verrà implementato un corso pilota per la messa a punto dei moduli e degli approcci formativi, e per raccogliere i feedback delle aziende coinvolte, in modo da calibrare al meglio il programma in base alle effettive necessità industriali.

ENG

Jobs of the future: kick-off for LILIAM and SAM, to train the new experts in Additive Manufacturing

The European manufacturing sector is currently focusing on Additive Manufacturing (AM), one of the main pillars of Industry 4.0, to maintain its leadership in the industrial sector. Strengthened by the presence on its territory of the main developers of machines, systems and softwares for Additive Manufacturing and of the most innovative start-ups recently launched, the Old Continent must now fill-in the gap of skills and professionals with specific training in the sector, to consolidate the predominance of these technologies. Within this scenario, the LILIAM project - Lifelong Learning for Additive Manufacturing, was recently inaugurated with the aim to develop a European training standard for operators, specialists, engineers and managers in the field of Additive Manufacturing, and to create the first European training certificate in AM. The training modules, which will combine traditional and innovative teaching approaches, will be designed by an international network of partners from 8 European countries (Sirris (BE), CEA (FR), Aitiip (SP), Fotec (AT), Tampere University of Technology (FI), Fraunhofer IWS (GE), Trentino Sviluppo (IT)) coordinated by the Department of Mechanical Engineering of Politecnico di Milano under the guidance of prof. Bianca M. Colosimo.

The two-year project was inaugurated on January 24, 2019 and is funded by EIT - Raw Materials. During the first year the consortium will define the requirements of the training program with the support of an industrial board composed of representatives from different sectors and different European countries, and will design the training modules (materials and processes for Additive Manufacturing, product design and optimization of process, process modeling and simulation, quality monitoring and control, technologies for post-process treatments and processes, hybrid processes, qualification and certification, standards and management of intellectual property, cost analysis and lifecycle assessment, circular economy applied to 3D printing). During the second year, a pilot course will

be implemented to develop the modules and training approaches, and to collect feedbacks from the companies involved, so as to best calibrate the program, based on actual industrial needs.

The partners will provide cutting-edge knowledge and laboratories, equipped with the predominant AM technologies, to ensure a strong hands-on training. In addition to the coordination of the project, the Department of Mechanical Engineering will design two training modules related to the monitoring and control of Additive Manufacturing processes and the management of end-of-life material recycling, in line with the goals of process sustainability and circular economy.

The research skills and laboratories of MeccPolimi in the field of AM technologies will be also at service, for the next two years, of the European initiative Erasmus + Skills Strategy in Additive Manufacturing (SAM), launched with the aim of defining the reference platform for the skills of this sector at regional, national and European level. The Department of Mechanical Engineering, which participates in SAM together with the Department of Management, Economics and Industrial Engineering of PoliMi and 15 other international partners, contributes to the project as a privileged observer of the needs and requirements of the industrial ecosystem in the AM context, in terms of missing skills and current requests from industries. Many companies interested in adopting AM are in fact experiencing deep difficulties in the processes of requalification and training of new profiles that are able to manage the digitalization of the manufacturing processes that AM involves.

I partner metteranno a disposizione conoscenze e laboratori all'avanguardia, quest'ultimi dotati delle principali tecnologie Additive per garantire una formazione con un forte contenuto di hands-on training. Oltre al coordinamento del progetto, il Dipartimento di Meccanica progetterà due moduli formativi relativi al monitoraggio e al controllo dei processi Additive Manufacturing e alla gestione del riciclo di materiali a fine vita, in un'ottica di sostenibilità dei processi e di economia circolare.

Le competenze di ricerca e i laboratori del MeccPolimi nel campo delle tecnologie additive saranno al servizio anche dell'iniziativa Europea Erasmus+ Skills Strategy in Additive Manufacturing (SAM), nata con l'obiettivo di definire la piattaforma di riferimento per le skills del settore a livello regionale, nazionale ed Europeo.

Il Dipartimento di Meccanica, che partecipa a SAM insieme al Dipar-

timento di Ingegneria Gestionale del PoliMi e ad altri 15 partner internazionali, contribuisce al progetto come osservatore privilegiato delle istanze e delle esigenze dell'ecosistema industriale in ambito AM, in termini di competenze mancanti, e oggi richieste, da parte delle industrie. Molte aziende interessate all'adozione dell'AM stanno vivendo infatti profonde difficoltà nei processi di riqualifica e formazione di nuovi profili che siano in grado di gestire la digitalizzazione del processo manifatturiero che l'AM comporta.

Il Dipartimento di Meccanica, che partecipa a SAM insieme al Dipar-

Fasi conclusive per il progetto di ricerca RES (Range Extender System) per la ricarica supplementare delle batterie di veicoli elettrici

ITA

La progressiva riduzione dei combustibili fossili e il problema dell'inquinamento spingono verso l'adozione di un parco auto che sfrutti in maniera sempre più preponderante l'energia elettrica. Attualmente, l'autonomia che le batterie garantiscono alle vetture è in un intervallo di circa 200 - 400 km, non sempre sufficiente per supportare i bisogni della mobilità moderna. La bassa velocità di ricarica delle stesse e la scarsa diffusione delle colonne di ricarica contribuiscono inoltre ad aggravare il problema.

In questo contesto si inserisce il progetto RES (Range Extender System) che riguarda lo sviluppo di una soluzione innovativa di ricarica supplementare per le batterie di veicoli elettrici.

Il progetto, vincitore del bando "Smart fashion and design" nel contesto del Fondo Europeo di Sviluppo Regionale 2014-2020 della Regione Lombardia, ha esordito nel 2017 ed è stato realizzato con un concorso di risorse dell'Unione Europea, dello Stato Italiano e di Regione Lombardia.

Le attività di ricerca si sono concluse con successo e i risultati sono stati presentati in un evento tenutosi il 17 Settembre 2019 presso la Regione Lombardia - Palazzo Pirelli.

La soluzione proposta si basa sullo sviluppo integrato di un motore a combustione interna con funzione di generatore di energia, e di un sistema di controllo e gestione elettromeccanico ed elettronico. Tale sistema sfrutta le più recenti tecnologie per ottenere bassi

costi, bassi consumi e ridotti ingombri, unitamente a una elevata affidabilità. Il motore a combustione interna può funzionare sia a benzina che a metano.

Grazie alle sue ridotte dimensioni RES è pensato per essere alloggiato sotto al pianale di carico dell'autoveicolo con il solo e unico scopo di ricaricare le batterie, ed è quindi studiato per veicoli ibridi con architettura in serie.

In considerazione di tale utilizzo il funzionamento è a regime fisso al fine di massimizzarne il rendimento e quindi ridurre consumi ed emissioni. Il motore ha una architettura boxer con due cilindri contrapposti e cilindrata complessiva di 500 cm³, raffreddamento a liquido, basso livello di vibrazioni ed elevato rapporto di compressione. Tali caratteristiche permettono di arrivare a un rendimento del motore fino al 36% con una massa totale dell'unità inferiore ai 35 kg. Un'altra importante caratteristica è la realizzazione attraverso un numero limitato di componenti, che ne facilita l'assemblaggio e la manutenzione.

L'integrazione del veicolo è stata studiata in modo modulare permettendo di installare il sistema su diversi tipi di veicolo con pacchi batteria sia da 400V che 800V, inclusi anche veicoli con OBC (On Board Charger) da 22kW con input trifase. In alternativa, il sistema è in grado di caricare la batteria direttamente in corrente continua DC poiché dotato di elettronica integrata al motore elettrico; il liquido di

ENG

RES (Range Extender System) research project: conclusive phases

The progressive reduction of fossil fuels and the problem of pollution push towards the adoption of car fleet that exploits electrical solutions more and more predominantly. Currently, the autonomy that the batteries guarantee to the cars is in a range of about 200-400 km, not always sufficient to support the needs of modern mobility. The low recharge speed and the scarce diffusion of the recharging columns also contribute to exacerbating the problem.

The project, which concerns the development of an innovative solution for additional charging for the batteries of electric vehicles, has been carried out in this context. The project has been awarded and funded within the "Smart fashion and design" call in the context of the European Regional Development Fund 2014-2020 of the Lombardy region, with resources from the European Union, the Italian government and the Lombardy Region itself. RES has been successfully concluded and the results have been presented in an event that took place the 17th of September at Palazzo Pirelli - Lombardy Region.

The proposed solution is based on an integrated design of an internal combustion engine acting as an energy generator, and an electromechanical and electronic control and management system. This system exploits the most recent technologies to obtain low costs, low consumption and reduced dimensions, together with a high reliability. The internal combustion engine can run on either petrol or methane. Thanks to its small size, RES is designed to be housed under the load platform of the vehicle with the sole purpose of recharging the batteries and is therefore designed for hybrid vehicles with series architecture. In consideration of this use, engine regime is at a steady state in order to maximize performance and therefore reduce consumption

raffreddamento del motore funge anche da raffreddamento dell'elettronica. L'integrazione con il veicolo è completata da una comunicazione CAN tra il RES e il veicolo.

Il progetto, attualmente coperto da brevetti, ha visto la collaborazione di Robby Moto Engineering (capofila) e dei partner Metasystem, ACM Engineering e del Dipartimento di Meccanica del Politecnico di Milano. In particolare, il gruppo di ricerca MeccPolimi, coordinato dal Prof. Mario Guagliano, ha lavorato su diversi fronti: sono state

effettuate analisi ad elementi finiti per le verifiche di resistenza e valutazioni per l'ottimizzazione progettuale (nello specifico è stato analizzato il comportamento meccanico di soluzioni innovative quali l'albero motore in composito dotato di bielle monolitiche, del rotore esterno del generatore elettrico e di componenti in materiale termoplastico), e sono state realizzate diverse valutazioni di resistenza sia statiche che a fatica e analisi modali attraverso modelli agli elementi finiti.

and emissions. The engine has a boxer architecture with two opposed cylinders and a total cylinder capacity of 500 cm³, liquid cooling, low vibration level and high compression ratio (14:1). These features make it possible to achieve an engine efficiency of up to 36% with a total unit mass of less than 35 kg.

Another important feature is the realization through a limited number of components that facilitates the assembly and maintenance. The integration of the vehicle has been studied in a modular way allowing to install the system on different types of vehicles with both 400V and 800V battery packs, including also vehicles with 22kW OBC (On Board Charger) with three-phase input.

Alternatively, the system is able to charge the battery directly in direct current DC as it is equipped with electronics integrated in the electric motor. The engine coolant also acts as a cooling for the electronics. The integration with the vehicle is completed by a CAN communication between the RES and the vehicle. The whole project is currently covered by patents.

The project saw the collaboration of Robby Moto Engineer (leader) and partners Metasystem, ACM Engineering and the Department of Mechanical Engineering of Politecnico di Milano. In particular, the MeccPolimi research group, coordinated by Prof. Mario Guagliano, worked on several issues: finite element analyses have been carried out for resistance evaluations and design optimization; specifically, the mechanical behaviour of innovative solutions was analysed such as the composite crankshaft with monolithic connecting rods, the external rotor of the electric generator and components in thermoplastic material. In addition, various static and fatigue strength assessments and modal analyses were carried out using finite element models.

ITA

Bando PRIN: approvato dal MIUR il progetto “Cold Spray of Metal-to-Composite” (COSMEC)

Nell'ambito dei bandi competitivi PRIN 2017 - Progetti di Rilevante Interesse Nazionale, il MIUR ha approvato il progetto “Cold Spray of Metal-to-Composite” (COSMEC), che ha ottenuto il punteggio più alto nella linea di ricerca “giovani”, settore PE8. Il progetto vede coinvolte l'Università degli Studi di Salerno (capofila), l'Università di Napoli Federico II e il Politecnico di Milano - Dipartimento di Meccanica. Il progetto si focalizza sull'applicazione del Cold Spray (CS), una tecnologia innovativa alla base dell'iniziativa Industria 4.0, che permette di ricoprire superfici con layer metallici ottenuti dall'impatto di polveri accelerate verso la superficie target. Le applicazioni del CS presenti in letteratura si riferiscono principalmente a rivestimenti metallici (Metal-to-Metal). La particolarità del progetto COSMEC è legata all'applicazione del CS a materiali compositi (Metal-to-Composite), sia a matrice termoplastica che termoindurente.

Il progetto COSMEC si propone, attraverso un approccio progettuale fortemente innovativo, di rivestire i materiali compositi con layer metallici al fine di aggiungere funzionalità al substrato polimerico. In particolare si prevede di investigare sulla selezione dei parametri del processo CS e sul tipo di rivestimento adatto per la specifica applicazione.

Le applicazioni di questi materiali multi-funzionali sono potenzialmente molto estese, poiché i materiali compositi possiedono di base l'intrinseca caratteristica strutturale di alto rapporto resistenza/peso. Attraverso il CS si possono aggiungere capacità funzionali al composito: rendendolo elettricamente conduttore, sarà possibile utilizzarlo per applicazioni nell'ambito del monitoraggio dell'integrità strutturale e ottimizzarlo per problemi di impatto, di contatto cicli-

co e di usura; inoltre, il layer deposto potrà agire da barriera contro agenti ambientali come solventi, alte temperature e radiazioni UV. All'interno del progetto sono previste una serie di prove di ricopertura di compositi a fibra lunga per la selezione di parametri ottimali per il CS, considerando un mix di polveri metalliche e non metalliche, in modo da ottenere una ricopertura sufficientemente compatta e con adeguate proprietà meccaniche.

L'unità di ricerca del Dipartimento di Meccanica si occuperà della caratterizzazione analizzando l'uniformità delle proprietà meccaniche del layer deposto, controllando le tensioni residue, analizzando eventuali danneggiamenti indotti nella fase di deposizione, ed effettuando prove di adesione, coesione e impatto. Inoltre, sono previste prove sperimentali statiche e di fatica con monitoraggio termografico a infrarossi per l'analisi dell'evoluzione dei danneggiamenti. In parallelo alle attività sperimentali è previsto lo sviluppo di modelli numerici con metodo degli elementi finiti per lo studio del comportamento meccanico e l'integrità del layer, e per ottimizzare questo strato funzionalizzato in casi di applicazioni che richiedono alti livelli di performance meccanica.

Il docente di riferimento dell'unità di ricerca MeccPolimi è la prof.ssa Chiara Colombo, che si occuperà dell'identificazione, monitoraggio e quantificazione del danneggiamento nei materiali compositi a fibra lunga, attraverso prove sperimentali con tecnica termografica e modelli numerici di analisi progressiva del degrado del materiale.

ENG

Call PRIN: MIUR grants the project “Cold Spray of Metal-to-Composite” (COSMEC)

The Italian Ministry of Education, University and Research (MIUR) has approved the “Cold Spray of Metal-to-Composite” (COSMEC project), ranked first in the “young” research line, sector PE8, within the competitive call PRIN 2017- Progetti di Rilevante Interesse Nazionale. The partners involved in the project are the University of Salerno (coordinator), the University of Naples Federico II and Politecnico di Milano - Department of Mechanical Engineering.

The project focuses on the application of Cold Spray (CS), an innovative deposition technology, at the basis of Industry 4.0 initiative, which allows metallic coating by the impact of accelerated powders towards the target surface. The scientific literature reports applications of CS mainly referred to metallic coatings (Metal-to-Metal). The feature of the COSMEC project is the application of CS on composite materials (Metal-to-Composite), with both thermoplastic and thermosetting matrixes.

With a very innovative design concept, the project COSMEC aims at coating composite materials with metallic layers, functionalizing the polymeric substrate. In particular, the project will investigate the selection of the parameters of CS process and the type of coating for the specific application.

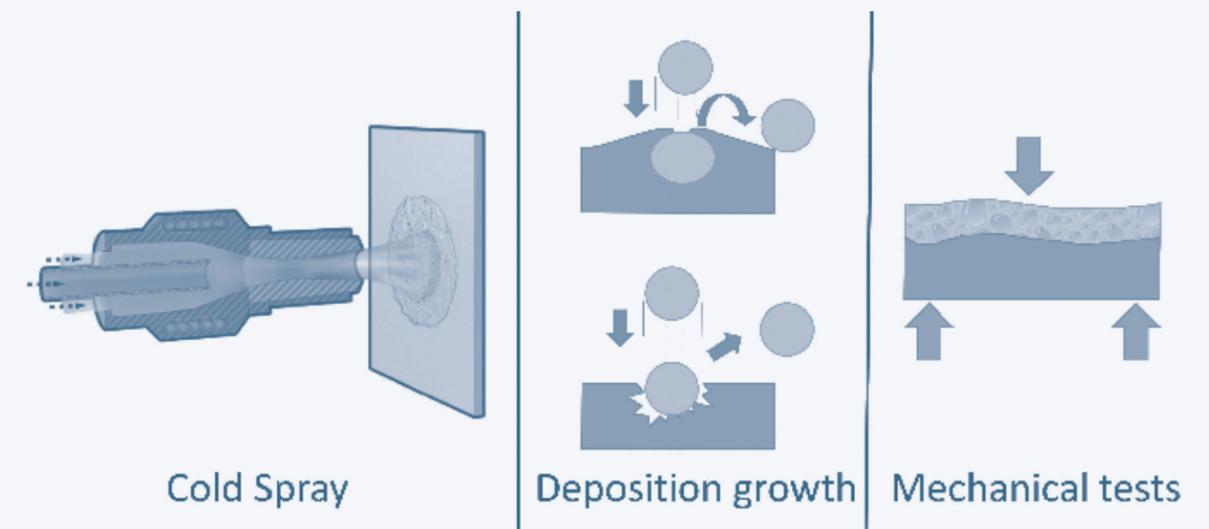
Applications of these multi-functional materials are potentially very wide. Indeed, composite materials have the intrinsic structural feature of high strength-to-weight ratio. Through the CS, further cha-

acteristics can be added to the composite: electrical functionalization for structural integrity monitoring; optimization to impacts, cyclic contact and wear; exploitation of the deposited layer as a barrier against environmental agents such as solvents, high temperatures and UV radiation.

The project will include coating tests of long fiber composites for the selection of optimal CS parameters. A mix of metallic and non-metallic powders will be considered, in order to ensure a fully dense coating with adequate mechanical properties.

The research unit of the Department of Mechanical Engineering is responsible for the characterization, i.e. analyzing the uniformity of the mechanical properties, measuring the residual stresses, analyzing the damages induced in the deposition step, and performing adhesion, cohesion and impact tests. Static and fatigue tests will be performed, with Infra-Red thermographic monitoring of damage evolution. In parallel to the experimental activities, numerical simulations with the finite element method will be run to study the mechanical behavior and the integrity of the layer, and to optimize this functionalized layer for high-demanding applications.

Prof. Chiara Colombo is the responsible for the research unit based at MeccPolimi. Her main research activities are related to the identification, monitoring and quantification of the damage in long fiber reinforced composites, through thermographically monitored experimental tests and numerical models of progressive failure analysis.





theBlueGrowthfarm

H2020

The Blue Growth Farm:

prosegue il progetto Europeo per raggiungere un uso sostenibile delle risorse marine

ITA

The Blue Growth Farm è un progetto H2020, finanziato dall'Unione Europea, che mira a sviluppare una piattaforma multifunzionale automatizzata, modulare e rispettosa dell'ambiente per l'acquacoltura in mare aperto. A fronte di una domanda globale di pesce che sta crescendo rapidamente, si registra un'offerta di pescato in grave contrazione a causa degli effetti combinati di sfruttamento eccessivo da parte della pesca commerciale, degrado dell'habitat e scarsa qualità delle acque. L'ulteriore espansione dell'acquacoltura, sia su terraferma che in prossimità della costa, è limitata per una serie di ragioni, quali vincoli economici, socio-politici, ambientali, tecnici e di risorse. Lo spostamento in mare aperto dovrebbe quindi creare vantaggi e opportunità significativi nel soddisfarne la domanda, specialmente quando il sistema di acquacoltura è combinato con altre attività come la produzione di energia rinnovabile.

L'idea di piattaforme marittime multiuso deriva dall'ambizione di poter garantire un uso più sostenibile ed ecologico di più di una risorsa legata al mare aperto. In particolare, questa specifica combinazione di acquacoltura e produzione offshore di energia rinnovabile è un fattore chiave per raggiungere lo sfruttamento sostenibile delle risorse marine, a sostegno della crescente domanda di pesce ed energia da fonti rinnovabili.

La piattaforma Blue Growth Farm prevede un bacino centrale progettato per ospitare un sistema di acquacoltura automatizzato, in grado di produrre pesci di alta qualità, nonché aree di stoccaggio e ponti per ospitare una turbina eolica da 10 MW e dispositivi in grado di ricavare energia dalle onde (Wave Energy Converter, WEC). Lo sviluppo della struttura galleggiante sarà supportato da dati sperimentali raccolti su un modello su larga scala (outdoor scaled prototype in scala 1:15) da implementare presso il Natural Ocean Engineering Laboratory (NOEL), a Reggio Calabria (Italia).

Un team di ricercatori del Dipartimento di Meccanica del Politecnico di Milano, sotto la guida del Prof. Marco Belloli e dell'Ing. Sara Muggiasca, è coinvolto nel progetto insieme a 13 partner accademici e aziende di 5 paesi diversi. Il contributo specifico di MeccPolimi si concentra principalmente sull'integrazione della turbina eolica con la piattaforma e sulla progettazione del modello di turbina da installare sull'outdoor scaled prototype (presso il Natural Offshore Engineering Laboratory-NOEL). Il prototipo della turbina eolica rappresenta un progetto sfidante che deve soddisfare, allo stesso tempo, i requisiti di un modello aeroelastico standard in scala e di una vera turbina eolica di dimensioni ridotte. L'obiettivo principale è quello di ideare e progettare una macchina aeroelastica e non solo una struttura passiva, ed è quindi necessario prendere in considerazione un approccio di scalatura delle prestazioni al fine di ottenere un sistema meccanico in grado di garantire le stesse funzionalità del modello full-scale. Le strategie di progettazione tipicamente adottate nella costruzione di modelli aeroelastici in scala per prove in galleria del vento sono state quindi riviste, al fine di includere anche i criteri generalmente utilizzati nella progettazione di macchine e strutture reali. Le particolari condizioni ambientali incontrate nel sito di prova (NOEL) rappresentano, infatti, un'ulteriore complicazione nella progettazione del modello: le caratteristiche del vento e delle onde non possono essere controllate, al contrario dei test tradizionali in galleria del vento e in vasca, quindi la progettazione degli esperimenti deve fare affidamento solo su dati probabilistici.

Al momento è in corso il primo anno di attività del progetto; l'installazione dell'outdoor scaled prototype è prevista per il prossimo settembre 2020.

Questo progetto ha ricevuto il finanziamento del programma H2020 dell'Unione Europea nell'ambito del Grant Agreement n. 774.42

ENG

The Blue Growth Farm: achieving sustainable use of marine resources

The Blue Growth Farm is a Horizon 2020 project, funded by the European Union, that aims to develop an automated, modular and environmentally friendly multi-functional platform for open-sea farm installations. As the global demand of seafood is growing rapidly, its supply is experiencing severe shortage due to the combined effects of over-exploitation by commercial fisheries, habitat degradation and poor water quality. Further expansion of aquaculture, both land-based and nearshore, is limited for a variety of reasons, such as economic, socio-political, environmental, technical and resource constraints. Moving offshore is thus expected to create significant advantages and opportunities in meeting the global demand for food, especially when the aquaculture system is combined with other activities such as renewable energy production.

The concept of multi-use sea platforms results from the ambition to ensure sustainable and ecological exploitation of more than one open sea resource at the same time. In particular, this suitable combination of aquaculture and offshore production of renewable energy are key factors in achieving the sustainable exploitation of marine resources, in support of the growing global demand for seafood and energy from renewable sources. The Blue Growth Farm platform provides a central protected pool to host an automated aquaculture system, capable of producing high quality fish, as well as a large storage and deck areas to host a 10 MW wind turbine and wave energy converters (WEC).

The development of the floating structure is going to be supported by experimental data collected on a large-scale model (1:15 outdoor-scaled prototype) to be deployed at the Natural Ocean Engineer-

ing Laboratory (NOEL), in Reggio Calabria (Italy).

A team of researchers from the Department of Mechanical Engineering of Politecnico di Milano, under the guidance of Prof. Marco Belloli and Dr. Sara Muggiasca, is involved in the project together with 13 academic partners and companies from 5 different countries. The specific contribution of MeccPolimi is mainly focused on the integration of the wind turbine with the platform and on the design of the turbine model to be installed on the outdoor-scaled prototype (Natural Offshore Engineering Laboratory-NOEL site). The wind turbine outdoor scaled prototype represents a challenging project that must satisfy, at the same time, the requirements of a classic aeroelastic scaled model and of a real small wind turbine. The main topic is to conceive and design an aeroelastic machine and not only a passive structure, thus a performance scaling approach has to be considered in order to obtain a mechanical system able to grant the same functionalities of the full-scale reference. The typical design strategies adopted to build scaled aeroelastic models for wind tunnel experiments are then revised in order to include also criteria that are generally used in designing real machines and structures. In fact, the special environmental conditions met at the test site (NOEL) represents a further complication in the model design: wind and wave characteristics cannot be controlled, contrarily to traditional testing in wind tunnel and in ocean basin, so that experiments design has to rely only on probabilistic data.

This challenging activity is now at its first year, and the prototype installation is expected for next September 2020.

"This project has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under Grant Agreement number 774426"



ITA

Concluso il progetto Europeo OIPEC

co-finanziato da Erasmus+ per sviluppare la capacità di cooperazione tra università e imprese

Negli ultimi anni si è osservato come la maggior parte dei nuovi prodotti e servizi, in particolare dal punto di vista dell'innovazione e dell'organizzazione, nascono da competenze "intangibili" quali capacità imprenditoriale e adattabilità e non solo dall'attività di laboratorio. In questa direzione il Dipartimento di Meccanica del Politecnico di Milano ha coordinato il progetto europeo OIPEC: Open Innovation Platform for University-Enterprise Collaboration, finanziato dall'UE per lo sviluppo di nuovi prodotti, attività e capitale umano. Il progetto si è concentrato sullo scambio di buone pratiche in merito alla collaborazione fra università e aziende per promuovere innovazione e sinergie nel campo dell'istruzione superiore. Il gruppo di ricerca MeccPolimi a capo del partenariato è stato guidato dal prof. Gaetano Cascini; gli altri membri del consorzio erano Grenoble INP, Lappeenranta-Lahti University of Technology e partner non UE (Lomonosov Moscow State University e Vladimir State University, Tianjin University e Hebei University of Technology). Obiettivo principale di OIPEC è stato quello di trasferire le migliori pratiche europee nelle collaborazioni università-impresa ai partner russi e cinesi, attraverso la creazione di una piattaforma che supporti le partnership tra università e imprese. Attraverso una rete di laboratori (COILab - Collaborative Open Innovation Laboratories) oggi attivi nei Paesi partner del progetto, è stato creato un facile accesso alle competenze delle università per le piccole e medie imprese, offrendo formazione sui più recenti sistemi e processi utilizzati dagli Atenei per gestire progetti collaborativi di innovazione, in relazione con partner aziendali. I COILab hanno incrementato le attività collaborative tra università e imprese, allo scopo di genera-

re nuovi prodotti/servizi e migliorare quelli esistenti; il loro profilo è progettato tenendo conto delle diverse esigenze delle PMI: nell'ambito delle attività dei COILab, infatti, i rappresentanti delle aziende e gli studenti lavorano in modo collaborativo per affrontare un problema progettuale seguendo gli spunti delle aziende. Questo fornisce agli studenti la possibilità di interfacciarsi con casi concreti e di mettere in pratica le loro conoscenze accademiche, fornendo alle aziende un contributo ad alto potenziale innovativo.

Il profilo dei laboratori collaborativi copre tre aree principali:

1. area di sviluppo del concetto: incentrata sul design thinking e sul problem solving;
2. area di prototipazione rapida: per la concretizzazione delle idee sviluppate;
3. area imprenditoriale: per sostenere lo sviluppo e la validazione dei modelli di business.

I COILab prevedono anche un curriculum "executive" personalizzato, che fornisce competenze per i manager aziendali nello sviluppo di nuovi prodotti e nella gestione delle relazioni università-impresa nel paradigma della piattaforma di open-innovation.

Il progetto si è concluso con successo nel Marzo 2019, tra l'apprezzamento di tutti i partner coinvolti, e con l'auspicio che il suo focus sull'interazione tra società, innovazione, trasferimento della conoscenza e ricerca scientifica possa avere un impatto sul benessere sociale e sulla competitività economica.

ENG

Successful completion of OIPEC: a capacity building project co-funded by Erasmus+

Nowadays, most of new products/services arise not from R&D laboratories but from intangible skills such as entrepreneurial ability and adaptability, especially in service and organization innovation. In this direction, the Department of Mechanical Engineering of Politecnico di Milano coordinated and recently concluded OIPEC: Open Innovation Platform for University-Enterprise Collaboration, a EU-funded project for new product, business and human capital development. The project focused on cooperation for innovation and the exchange of good practices, which resulted in capacity building in the field of Higher Education. MeccPolimi, under the guidance of prof. Gaetano Cascini, was the project coordinator; the other consortium members were Grenoble INP, Lappeenranta-Lahti University of Technology and non-EU partners (Lomonosov Moscow State University and Vladimir State University, Tianjin University and Hebei University of Technology).

The main objective of OIPEC was to transfer the best European practices in university-enterprise collaborations to Russian and Chinese partners, which ultimately resulted in the creation of a platform that supports partnerships between universities and enterprises. These platforms are called COILabs (Collaborative Open Innovation Laboratories), and provide easy access to universities' expertise for small and medium enterprises. COILabs are now active platforms in different countries, delivering training on the latest systems and processes being used by universities to manage open innovation collaborative projects with enterprises. COILabs have increased the

collaborative activities between universities and enterprises, with the aim of generating novel products/services or improving existing ones; their curriculum is designed keeping in mind the diverse needs of the SMEs: during COILab activities, in fact, company representatives and students work collaboratively to address a problem from a company perspective. This provides students with real life problems and the possibility to practice their knowledge from academia, and companies with innovative solutions from young fresh minds.

The curriculum covers three major areas:

1. concept development area: focused on design thinking and problem solving;
2. rapid prototyping area: providing both design and operational skills;
3. entrepreneurial area: to support the development and validation of business concepts.

COILabs also provide a tailored 'executive' curriculum, which imparts competences for enterprise managers in new product development and in managing university-enterprise relationships in open innovation platform paradigm.

The project successfully ended in March 2019 with the appreciation of all partners involved; its focus on the interaction between society, innovation, knowledge transfer and exploitation of scientific research will impact on societal well-being and economic competitiveness.



Il progetto Erasmus+ ELPID

E-Learning Platform for Innovative Product Design

Lo sviluppo di modalità nuove e sempre più efficaci per supportare i processi di apprendimento di studenti e professionisti è una delle maggiori sfide che gli educatori si trovano a dover fronteggiare quotidianamente. L'avanzamento tecnologico e la crescente familiarità che le giovani generazioni hanno con le tecnologie digitali offrono oggi la possibilità di spianare la strada a processi di apprendimento sempre più mirati e capaci di ottenere risultati in maniera più facile, efficiente e, soprattutto, con maggiori probabilità di rappresentare un sapere persistente e pervasivo nelle attività professionali e di successivo apprendimento per tutte le persone coinvolte.

Si muove in questa direzione il progetto ELPID (E-Learning Platform for Innovative Product Design - <http://www.elpid.com>), finanziato nell'ambito dello schema Erasmus+ per 3 anni (2019-2021) dalla Comunità Europea, con l'obiettivo di sviluppare un'esperienza di e-learning ad alto valore aggiunto, da erogare in contesti di formazione avanzata: gli studenti (e più in generale i soggetti da formare) potranno accedere con maggiore facilità ai contenuti digitali da esplorare, essere coinvolti in compiti da svolgere on-line e/o in ambiente virtuale e allo stesso tempo aumentare il proprio grado di confidenza con gli strumenti digitali. L'infrastruttura di e-learning che il consorzio propone di realizzare coniuga strumenti, risorse Web e altre tecnologie ICT che facilitino lo scambio di informazioni e di conoscenze tecnologiche (e non), in modo da stimolare quanto più possibile la creatività e le abilità di problem-solving in corsi con modalità di apprendimento blended, organizzati secondo la logica del Project Based Learning.

Nell'ultima parte del 2018 quattro atenei europei hanno avviato lo sviluppo dei contenuti e la struttura generale della piattaforma

on-line per il blended learning: il Politecnico di Milano (Italia), con un gruppo di ricerca guidato dal prof. Gaetano Cascini del Dipartimento di Meccanica, l'Università di Zagabria (Croazia - coordinatore del progetto), l'Università di Ljubljana (Slovenia) e l'Università Tecnica di Vienna (Austria). Il centro di calcolo universitario di Zagabria (SRCE - Croazia) sta fornendo supporto alle quattro università attraverso la fornitura di soluzioni digitali idonee a favorire la diffusione e l'accessibilità a contenuti di apprendimento, mediante canali per l'erogazione di lezioni digitali e delle relative attività pratiche che favoriscono modalità di apprendimento "learning-by-doing".

La piattaforma di e-learning che il consorzio sta sviluppando viene realizzata e adattata alle necessità dei corsi e dei laboratori a tema progettuale, specialmente quelli strutturati con approccio pedagogico basato sull'apprendimento mediante progetti; si tratta di una scelta motivata dalle evidenze oggi note sul Project Based Learning (PBL) e sull'apprendimento ibrido (blended learning) quali strumenti ottimali per migliorare le abilità degli studenti e mantenere la loro conoscenza aggiornata con maggiore facilità, mediante la combinazione di lezioni frontali classiche e attività da svolgere in ambiente virtuale/supportato dal computer, o da strumenti mobili/portatili.

La validazione della piattaforma di e-learning proseguirà attraverso l'uso diretto da parte degli studenti in corsi realizzati ad hoc, con partecipazione su base volontaria. Questi corsi basati sulla logica del PBL sono tipicamente organizzati in stretta collaborazione con partner industriali che propongono temi di progetto pertinenti, capaci di creare un ambiente di lavoro che simuli le condizioni più realistiche in cui gli studenti si troveranno a operare, e le sfide professionali che dovranno affrontare.

Durante il secondo semestre dell'A.A. 2018/2019 quattro gruppi composti da 8 studenti ciascuno (32 studenti in rappresentanza dei quattro Paesi che compongono il consorzio) hanno partecipato attivamente al corso ELPID, nell'ambito del quale hanno avuto la possibilità di interagire e quindi di testare il primo prototipo della piattaforma. Nel corso di un insegnamento della durata di un intero semestre, e in presenza di un tema progettuale sfidante proposto da BSH/Bosch Siemens Hausgeräte, i gruppi hanno acquisito le conoscenze necessarie per lo sviluppo di prodotti innovativi.

L'attività orientata al PBL è stata ulteriormente suddivisa in tre fasi che riflettono i tre stadi principali di avanzamento di ciascun processo di sviluppo prodotto: ricerca di mercato, progettazione concettuale, progettazione di layout/dettaglio. Ciascuna di queste tre fasi si è conclusa con una riunione per la revisione dell'attività progettuale in cui gli studenti hanno potuto incontrare direttamente un rappresentante dell'azienda in modo da ottenere la sua opinione sulle scelte progettuali e coniugare così l'approccio accademico con uno più prettamente industriale. Durante le tre fasi gli studenti hanno avuto la possibilità di:

- frequentare lezioni dal vivo e on-line;
- accedere a un ambiente basato su Moodle, da cui poter scaricare i materiali del corso (comprese le lezioni videoregistrate);
- accedere a una stanza virtuale per incontrarsi con i colleghi studenti e con i coach/supervisori, anche per svolgere riunioni progettuali;
- caricare, scaricare e condividere file e risorse elettroniche in un repository cloud-based;
- utilizzare le risorse già disponibili on-line per la generazione di idee, per ottenere ispirazione e per fornire una rappresentazione concettuale delle proposte progettuali;
- reperire informazioni utili alla progettazione dalle fonti disponibili, quali database e banche dati (e.g. brevetti, ricerche di mercato) utili a migliorare le abilità di visione strategica.

Le riunioni di progetto e le attività progettuali, per ciascun gruppo, sono state supervisionate da membri esperti appartenenti alle

quattro università (e.g. Post Doc e Ricercatori), che hanno accompagnato gli studenti attraverso le diverse fasi del progetto e fornito loro riscontri e opinioni sullo stato di avanzamento del lavoro e sulla qualità delle relative proposte progettuali.

Dopo tre mesi di attività di progettazione collaborativa, condivisa in un ambiente virtuale (computerizzato e/o mobile), gli studenti hanno finalmente avuto la possibilità di conoscersi di persona attraverso un'iniziativa per la mobilità di breve termine finalizzata all'apprendimento ibrido: una settimana di workshop conclusivo in Slovenia. Per i primi quattro giorni gli studenti hanno lavorato gomito a gomito presso i locali dell'Università di Ljubljana per rifinire le proprie proposte progettuali e sviluppare un progetto di comunicazione convincente. Successivamente hanno avuto la possibilità di visitare l'impianto produttivo di BSH e di presentare le proprie idee al management dell'azienda.

Il riscontro misurato al termine dell'attività ha mostrato come l'iniziativa sia stata molto apprezzata dagli studenti soprattutto in relazione alla tematica, all'approccio utilizzato e al contesto internazionale. Apprezzamento entusiastico delle presentazioni anche da parte dei manager di BSH.

Il progetto prosegue ora con la seconda edizione del corso ELPID, che ospiterà studenti Croati, Sloveni e Austriaci.

ENG

Erasmus+ ELPID Project – E-Learning Platform for Innovative Product Design

The development of new and more effective ways to support the learning processes of students and professionals is one of the main challenges that educators face daily in their activity. The current opportunities offered by the technological development and the increasing familiarity of young people with digital technologies can pave the way to improved and more effective learning processes, whose outcomes can be achieved more easily, more effectively and with higher chances of becoming persistent and pervasive in the daily pursuit of these subjects.

The ELPID project (E-Learning Platform for Innovative Product Design - <http://www.elpid.com>) is a 3-year (2019-2021) Erasmus+ Project funded by the European Commission. It aims at the development of an enriched e-learning experience to be delivered in higher education contexts, where students/learners can get used to navigating digital content, engaging in online/virtual tasks and can generally become more comfortable with digital tools. The proposed e-learning infrastructure would embrace existing Web and other ICT technologies that can facilitate technical and non-technical knowledge and information exchange and foster creativity and problem-solving in virtual project-based learning courses.

Four Higher Education Institutions (HEIs) across Europe, at the end of 2018, started working on the development of contents for blended learning and on the general structure of the on-line platform for learners: Politecnico di Milano (Italy – namely the Department of Mechanical Engineering with the supervision of prof. Gaetano Cascini), University of Zagreb (Croatia – Project Coordinator), University of Ljubljana (Slovenia) and Technical University of Wien (Austria). The University Computing Center of Zagreb (SRCE) is supporting these four HEIs by providing adequate and effective digital solutions to ensure the diffusion and the accessibility of learning contents through communication channels for digital lectures and practical activities that leverage learning-by-doing.

The e-learning platform that the consortium is currently developing is to be tailored and adapted on the demanding needs of design courses, especially those which use the pedagogic approach of Project Based Learning (PBL). This is based on the evidences, already gathered, that PBL and blended learning offer a significant opportunity to improve the skills of learners and keep their knowledge continuously updated by means of the combination of Classroom, Online and Mobile learning.

The validation of the e-learning platform is carried out by means of its direct use in tailored classes where students voluntarily participate in. These PBL-based classes are typically organized in close cooperation with relevant and selected industrial partners in order to allow students to start working in a real industrial environment, which simulates the life-like conditions in which they will face their

future professional challenges.

During the second semester of AY 2018/2019, 4 groups composed by 8 students each (32 students from the four countries represented in the consortium) have actively participated in the ELPID class, where they had the chance to test and interact with the first prototype of the platform. Challenged by a project theme proposed by BSH/Bosch Siemens Hausgeräte, each group gathered the required knowledge for innovative product development in a full semester class. The PBL-based class was further subdivided into 3 main phases which reflected the main stages of every product development process: market research, conceptual design and embodiment/detail design. All phases ended with a design review meeting where the students directly met a representative of the company in order to gather his/her feedback and complement the academic viewpoint with an industry-centred one. During the three phases, the students had the chance to:

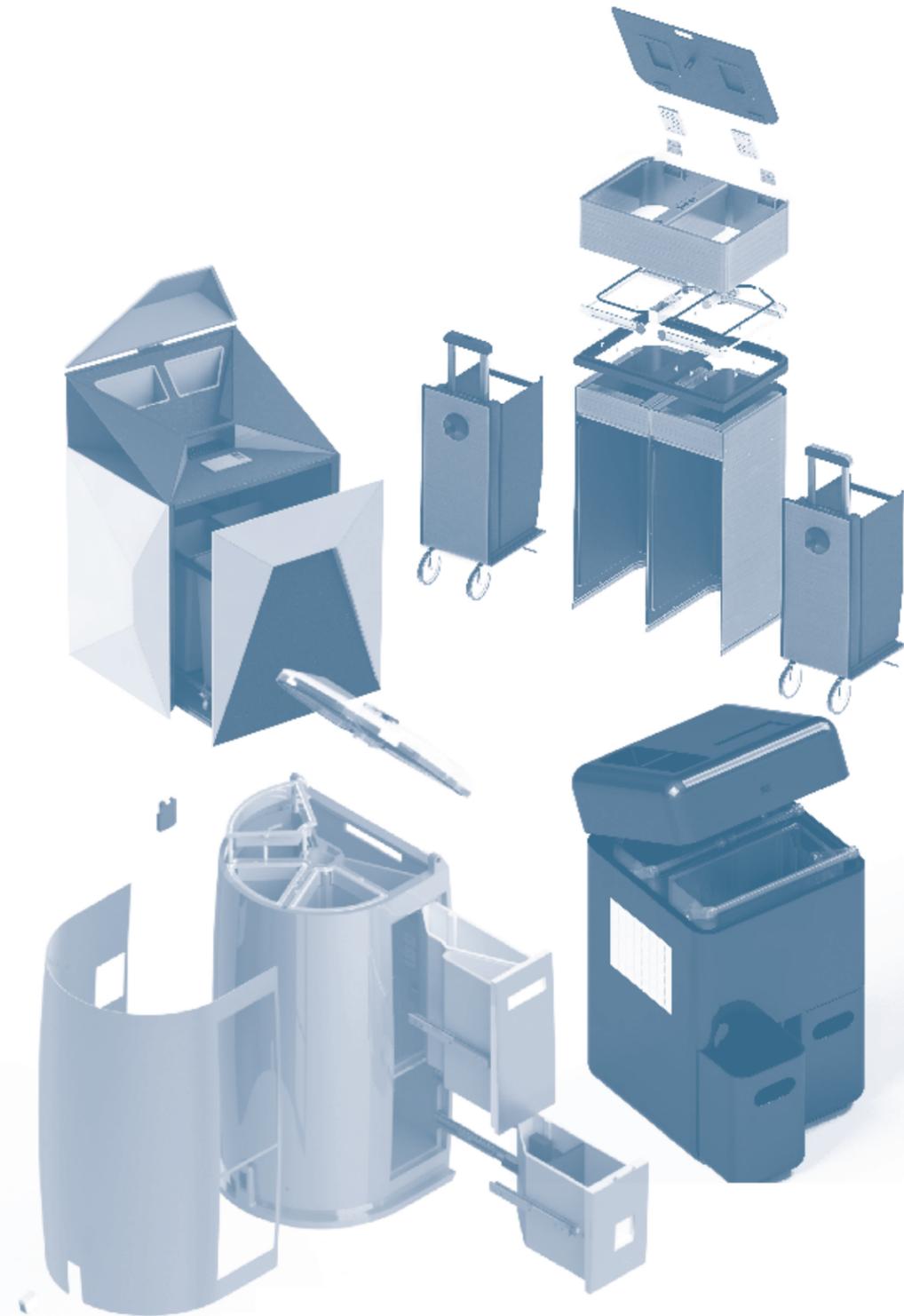
- attend both live and online lectures;
- access a Moodle-based environment to download the teaching materials, which also include the recordings of live lectures;
- access a virtual room to meet and hold design meeting with peers and coaches/supervisors;
- upload, download and share files with a cloud-based file repository;
- use available on-line resources for idea generation, creative inspiration and conceptual representation of ideas;
- retrieve design-relevant information from available sources, database and data banks (e.g. patents, market figures...) that can strengthen the strategic vision of students.

Project meetings and design activities, by group, were supervised by expert members of the four HEIs (e.g. Post Docs and Assistant Professors), which coached the students throughout all phases and provided them with feedbacks and suggestions.

After 3 months of collaborative design activity that students typically shared in a virtual and mobile environment, they eventually participated in a blended short-term mobility initiative: a one-week final workshop held in Slovenia, where they had the chance to meet and work face-to-face. For the first four days, the students worked together at the University of Ljubljana on the refinement of their designs as well as on the effective communication of their proposals. On the fifth day, they had the chance to visit the BSH factory where they presented a business pitch in front of the company management.

The gathered feedbacks show that the initiative was extremely effective for the students, who mostly enjoyed the course topics and the international context, and experienced a sincere and enthusiastic response from BSH.

We are now looking forward to welcome Croatian, Slovenian and Austrian ELPID students for the second year of the project and the second edition of the ELPID class.



Il Progetto SPARK- realtà aumentata proiettata: una tecnologia abilitante per il co-design creativo

La progettazione collaborativa, che prevede il coinvolgimento di clienti, utenti finali e altri soggetti interessati (co-designers) nel processo creativo, si sta imponendo sempre più all'attenzione della ricerca accademica, oltre che della pratica industriale. Tuttavia, chiunque abbia preso parte a sessioni collaborative di design avrà certamente sperimentato la presenza di barriere e possibili fraintendimenti tra gli attori coinvolti, divergenze dovute principalmente alla diversità delle esperienze e dei rispettivi ambiti di provenienza. Il progetto Europeo SPARK, finanziato nell'ambito del programma quadro H2020 e coordinato dal prof. Gaetano Cascini del Dipartimento di Meccanica, ha sviluppato un sistema ICT che sfrutta la realtà aumentata proiettata (SAR - Spatial Augmented Reality) per il design condiviso: la piattaforma ideata stimola la progettazione creativa collaborativa attraverso il supporto alla creazione, visualizzazione, interpretazione, valutazione e modifica di idee progettuali a partire dalle prime fasi della progettazione. La proiezione di immagini su un prototipo 3D con dimensioni reali (prototipo misto) permette infatti di rappresentare le caratteristiche superficiali di una soluzione, aprendo così la strada alla definizione di nuove idee con maggiore facilità e costi ridotti, specialmente nell'ambito della progettazione di interfacce utente e/o di packaging di prodotto, dove i costi di prototipazione sono tipicamente alti e sopportati con crescente difficoltà dalle aziende.

Il progetto si è inoltre posto l'obiettivo di validare l'efficacia e l'efficienza della soluzione in ambienti industriali al fine di supportarne l'adozione da parte di PMI operanti tra le industrie creative.

Nel corso del progetto, di durata triennale, il consorzio ha definito i requisiti della piattaforma attraverso l'osservazione di professionisti e delle loro attività nel loro ambiente di lavoro e ha sviluppato i moduli elementari della soluzione, adesso disponibili in forma integrata, le cui principali caratteristiche sono:

- un'interfaccia utente che permette ai co-designers di tradurre le proprie idee direttamente su un prototipo misto, mediante il supporto di sistemi di interazione basati sia su interfacce touch che più tradizionali;
- un set di proiettori che consentono una copertura efficace della superficie del prototipo misto, cosicché un numero maggiore di co-designers che partecipano alla sessione creativa abbia un punto di vista chiaro sulla soluzione;
- un sistema di tracciamento che permette di adattare la proiezione in funzione della posizione del prototipo misto, che può quindi essere maneggiato dai co-designers durante la sessione;
- un sistema di gestione delle informazioni che rende la piattaforma SPARK accessibile da qualsiasi zona del mondo provvista di connessione, rendendo possibile la progettazione collaborativa in tempo reale anche a distanza.

Il consorzio ha inoltre equipaggiato diversi ambienti con la piattaforma SPARK in tutta Europa:

- due laboratori universitari in Italia e Francia (Politecnico di Milano e Grenoble INP);
- tre stanze attrezzate in Italia, Spagna e Belgio (ArteficeGroup, Stimulo Design, Antwerp Management School).

Esiste inoltre una piattaforma SPARK portatile il cui sviluppo è attualmente in corso nel Regno Unito. In questo scenario, la piattaforma ha supportato diverse sessioni di progettazione collaborativa su casi di studio di interesse industriale che hanno coinvolto professionisti e aziende esterne al consorzio.

I risultati mostrano che SPARK è una piattaforma innovativa dall'elevato potenziale, facile da usare, che le industrie creative possono sfruttare per introdurre il paradigma della progettazione collaborativa nelle proprie attività sin dalle prime fasi dei progetti. Questo ha diversi effetti socio-economici oltre a un impatto sullo sviluppo delle innovazioni: l'efficacia di questo approccio si traduce in un maggiore numero di fonti a cui attingere per la generazione di idee innovative e facilita la contaminazione attraverso una maggiore condivisione di conoscenza ed esperienze tra persone con background diverso.

Oltre a questo, i benefici tangibili della soluzione sono:

- time-to-market ridotto;
- costi ridotti (per prototipazione e risorse umane);
- prodotti maggiormente capaci di riscontrare il gradimento dei consumatori;
- riduzione dei rischi relativi a innovazioni non capaci di incontrare i bisogni dei consumatori.

Altri risultati indiretti o intangibili, derivanti dall'uso di questa soluzione sono:

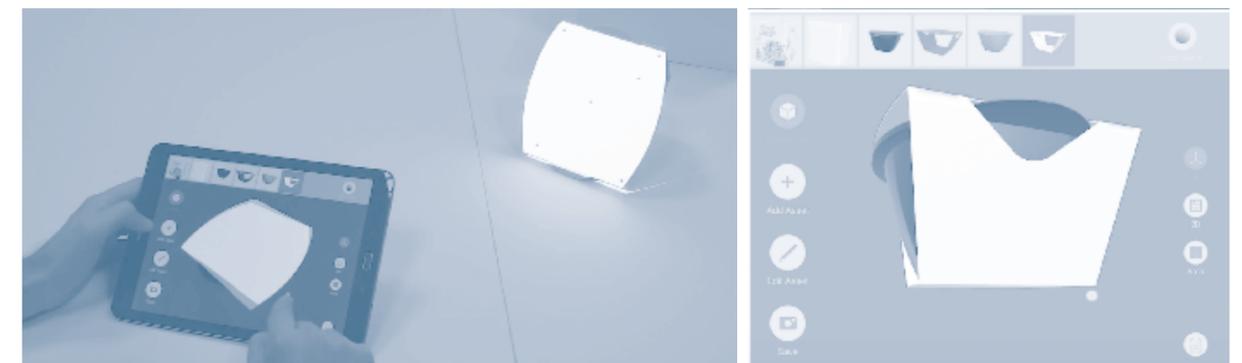
- maggiore fedeltà dei consumatori ai fornitori di servizi;
- aumento del valore percepito rispetto alla progettazione collaborativa e facilitazione alla partecipazione in attività di co-creazione;
- maggiori opportunità di passaparola positivo tra consumatori.

Durante il progetto, che è terminato a Dicembre 2018, e che ha visto coinvolti per il Dipartimento di Meccanica 5 tra professori e ricercatori, 1 dottorando e 1 assegnista, oltre a 15 studenti, sono state prodotte 12 pubblicazioni scientifiche (8 articoli in atti di conferenza, 1 articolo su rivista, 2 sottomessi e altri attualmente in lavorazione); i contenuti SPARK sono stati inoltre introdotti in corsi di laurea triennale e magistrale.

Dato l'elevato potenziale dei risultati del progetto, il consorzio ha pianificato altre iniziative per il suo sfruttamento commerciale: il network di laboratori e le stanze attrezzate con SPARK costituiscono oggi l'ecosistema per la diffusione di questa soluzione sul territorio europeo e per il coinvolgimento di potenziali soggetti interessati a utilizzare la piattaforma come prodotto e/o come servizio.

La natura intrinsecamente multidisciplinare del progetto ha infine permesso di sviluppare e creare nuova conoscenza in diversi ambiti di ricerca:

- spatial Augmented Reality;
- collaborative Design;
- design Creativity;
- human Behaviour in Design (HBiD).



ENG **SPARK - Spatial Augmented Reality (SAR) is the enabling technology for co-creative design**

Co-design, meant as the active involvement of customers, end-users and other relevant stakeholders in a collaborative design session, is gaining more and more attention both in academic research and industrial practice. However, when experiencing a collaborative design session, all participants typically recognize that communication among design actors, with significantly different backgrounds and competences, cannot be managed with the same approach and modelling tools typically used by expert practitioners. The European project SPARK, funded within H2020 framework programme and coordinated by prof. Gaetano Cascini of MeccPolimi, is aimed at realizing an ICT platform that exploits the potential of Spatial Augmented Reality (SAR). The platform supports and fosters collaborative creative thinking in the design process: it allows creating, visualizing, interpreting, assessing and modifying design concepts since the earliest stages of a design process, by means of projections which represent superficial features of a design object (i.e. user interface for products as well as information and graphics on a packaging) on a 3D tangible real-scale mixed prototype, in real time.

This empowers the conception of new ideas, especially in the fields of product interface and packaging design, where the need to reduce the realization of physical prototypes is strongly felt. The project aims also at validating the effectiveness and efficiency of the SPARK platform on a real operational environment and at fostering its deployment by the SME creative industries.

The consortium, throughout the 3 years of the project, observed designers and stakeholders in real operational environment to gather requirements and developed the elementary modules which are now integrated into the current version of the SPARK platform, whose main features are:

- a friendly user interface that allows co-designers to design directly onto the prototype, through the support of interaction devices, which leverage hand gestures as well as more traditional point-and-click interaction;
- multiple projectors which enable the mixed prototype to be covered more completely by projections, so that co-creative design sessions can be participated by a larger number of co-creative designers (design professionals, decision-makers, company executives, end consumers...);
- a tracking system which enables any of the co-creative designers to manipulate the physical prototype, so that the projection gets constantly updated and provided exactly onto the prototype surface, independently from its position in the work area;
- a web-based Information Management System that makes the SPARK platform accessible from any place in the world, to visualize ubiquitously the various and frequent changes introduced in the prototype, as its versions change along the co-creative design process.

The SPARK consortium equipped two labs (at universities) and three fully operating prototype rooms (at end users' premises) with the SPARK platform across Europe (Italy - Politecnico di Milano and ArtecfeceGroup, France - Grenoble INP, Spain - Stimulo and Belgium - Antwerp Management School). A prototype of a portable SPARK apparatus is also available in UK (University of Bath).

In this scenario, the SPARK platform empowered the co-creative sessions in real operational environments with real case studies involving professional designers and real customers. The results showed that SPARK delivered a high potential, easy to use, innovative platform, which creative industries could deploy to start introducing co-creation and the co-design paradigm in the early phases of their product development process. Co-creative design leads to many socio-economic effects as it impacts on the development of innovations. The win-win approach between companies and customers leads to more sources for new ideas in innovation and fosters cross-fertilisation and idea generation through knowledge and experience sharing.

Some of the innovation results, as witnessed, are:

- reduced time to market;
 - lower costs (e.g. for prototyping and HR);
 - increased product quality;
 - reduced risk of innovation efforts not meeting customer needs.
- Other several indirect or intangible results, which derive from this approach, are:
- increased attitudinal loyalty of customers to service providers;
 - increased perceived value of, and likelihood of participation in future co-creation;
 - increased chances of positive word-of-mouth C2C communication.

The project ended in December 2018, with the contribution at MeccPolimi of 5 professors and researchers, 1 PhD and 1 research fellow, and 15 MSc students. 12 scientific papers were produced (8 conference proceedings, 1 journal paper, 2 under review and others being currently written); research contents related to SPARK have also been introduced in bachelor and master level degrees.

The high potential of SPARK led the consortium to plan further business initiatives: the SPARK network of laboratories and rooms is the ecosystem to spread the SPARK project outcomes across Europe and involve customers interested in accessing the platform as a product or as a service.

The intrinsic transdisciplinary nature of the project also allows the development and the creation of brand new knowledge in the following fields:

- spatial Augmented Reality;
- collaborative Design;
- design Creativity;
- human Behaviour in Design (HBiD).

MeccPolimi e Qingdao Sifang collaborano per la sicurezza dei treni ad alta velocità

ITA

Si è concluso il progetto di ricerca condotto da MeccPolimi e CRRC (Qingdao Sifang Co., Ltd, il più importante costruttore ferroviario cinese e mondiale), nato con l'obiettivo di realizzare un benchmark tra le maggiori gallerie del vento europee per la stima del rischio di ribaltamento al vento trasversale di treni ad alta velocità. Sotto il coordinamento del gruppo di ricerca del Dipartimento di Meccanica, nel corso di un anno di progetto sono stati eseguiti test su due modelli di treni ad alta velocità in scala 1:15 (il modello di treno di riferimento per l'Italia, ovvero l'ETR500, e il modello di riferimento per la Cina) in tre gallerie del vento europee: GVPM (Milano, Italia), CSTB (Nantes, Francia) e DNW-KKK (Colonia, Germania).

La ricerca sviluppata ha permesso di mettere a confronto le tecniche di misura di forze e pressioni aerodinamiche sui veicoli ferroviari realizzate nelle diverse gallerie e di valutare l'effetto su queste di parametri specifici quali il coefficiente di bloccaggio e il profilo di velocità. La misura dei coefficienti aerodinamici su veicoli ferroviari corrisponde alla prima fase di una metodologia completa, definita in ambito europeo, per la valutazione del rischio di ribaltamento al vento trasversale.

Il gruppo di ricerca del MeccPolimi lavora sul tema della sicurezza al vento trasversale di veicoli ferroviari e stradali da oltre 15 anni e ha partecipato alla redazione delle normative europee per l'interoperabilità e la sicurezza ferroviaria EN 14067 e TSI (Technical Specification for Interoperability) come membro della Commissione del gruppo Aerodinamica.

ENG

MeccPolimi and Qingdao Sifang: scientific collaboration for high-speed trains safety

The research contract between MeccPolimi and CRRC Qingdao Sifang Co., Ltd, the largest rolling stock manufacturer in the world, has recently ended. Under the guidance of the research group of MeccPolimi, during the year tests have been performed on two high speed railway vehicles, 1:15 scaled, the reference Italian train ETR500 and a reference Chinese train, in three European wind tunnels: GVPM (Milan, Italy), CSTB (Nantes, France) and DNW-KKK (Köln, Germany).

The research activity has allowed comparing different techniques adopted for the evaluation of the aerodynamic forces and pressures and assessing the effects of specific parameters as the blockage effect and the wind speed profile. The measurement of the aerodynamic coefficients of railway vehicles is the first step of a complete methodology, defined within European Standards, for the evaluation of the overturning risk associated to crosswind.

The research group of MeccPolimi has been working on the issue of cross wind safety of high-speed railway and ground vehicles for 15 years and collaborated in the definition of the European Standards for Interoperability and Safety of Railway vehicles EN 14067 and TSI (Technical Specification for Interoperability) as member of the European Technical Committee for Aerodynamics.



ITA

TECH4MUBAS: Technology For the MUseums of the BASilicata

Il Dipartimento di Meccanica del Politecnico di Milano è capofila del progetto Technology For the MUseums of the BASilicata (TECH4MUBAS), finanziato nell'ambito del Bando di Gara del Ministero dei Beni e delle Attività Culturali e del Turismo - Istituto Superiore per la Conservazione e il Restauro PON "Cultura e Sviluppo" FESR 2014-2020. Il progetto è coordinato per MeccPolimi dal prof. Alfredo Cigada e dal prof. Emanuele Zappa.

Il progetto svilupperà il cuore della sua attività su due obiettivi principali: la protezione e salvaguardia delle opere culturali della Basilicata in esposizione, da un lato, e il trasporto in sicurezza di tali opere in Italia o all'estero dall'altro. Quest'ultimo è un aspetto di grande attualità, visto e considerato che la città di Matera è stata nominata "Capitale europea della cultura 2019": grazie a questo riconoscimento molti dei beni archeologici e storico-artistici di quest'area, anche particolarmente delicati, potranno essere richiesti per esposizioni temporanee in Italia o all'estero.

Il primo importante e ambizioso obiettivo sarà quello di analizzare in modo sistematico i rischi di danneggiamento di opere in museo o in deposito creando una vera e propria schedatura, seguita da indagini diagnostiche, di numerose opere contenute all'interno dei musei della Basilicata.

Successivamente, saranno valutate le prestazioni delle diverse tecniche di protezione dalle vibrazioni oggi disponibili, anche avvalen-

dosi dei collegamenti e delle collaborazioni già avviate con alcuni partner di riconosciuta rilevanza internazionale, e con la piena consapevolezza che, se da un lato le soluzioni attualmente impiegate sono in larga parte state sviluppate per le strutture, i pezzi da proteggere sono elementi non strutturali, per i quali è possibile sviluppare anche presidi ad alto contenuto innovativo. Nell'ottica di un numero sempre crescente di esposizione temporanee, il progetto sarà in grado di fornire soluzioni capaci di attuare la dovuta protezione delle opere dalle vibrazioni sia di tipo ambientale, sia di tipo sismico. Il gruppo proponente, formatosi anche grazie alle precedenti esperienze maturate in questo campo dal Dipartimento, è composto da un unico partner accademico, il Dipartimento di Meccanica del Politecnico di Milano, e da una parte industriale privata caratterizzata da forti competenze tecniche: C.B.C, società operante nel settore della Conservazione dei Beni Culturali, 3D research, spinoff per l'innovazione tecnologica e culturale dell'Università della Calabria e Arteria srl, società specializzata nella logistica per l'arte e beni di valore.

La volontà finale e ambiziosa del gruppo di ricerca coinvolto, grazie anche alla stretta collaborazione con gli altri tre partner strategici, è di arrivare a definire procedure che vadano oltre il problema specifico dei musei della Basilicata, fornendo un contributo significativo che possa diventare una linea guida per il problema della protezione da vibrazioni e urti di manufatti artistici.

ENG

Technology For the MUseums of the BASilicata (TECH4MUBAS)

The Department of Mechanical Engineering of Politecnico di Milano is the project leader of Technology For the MUseums of the BASilicata (TECH4MUBAS), a project funded by a call of the Ministry of Culture Heritage and Activities - Istituto Superiore per la Conservazione e il Restauro PON "Cultura e Sviluppo" FESR 2014-2020. The project is coordinated by Prof. Alfredo Cigada and Prof. Emanuele Zappa.

The project will develop on two main purposes: from one hand the protection and safeguard of the cultural heritage of the Basilicata, from the other hand the safe transportation of these works in Italy or abroad. The latter is a very timely aspect. In fact Matera was named "European Capital of Culture in 2019": thanks to this, many pieces of the archaeological, historical and artistic heritage of this area will have the opportunity to be requested for national or international temporary exhibitions.

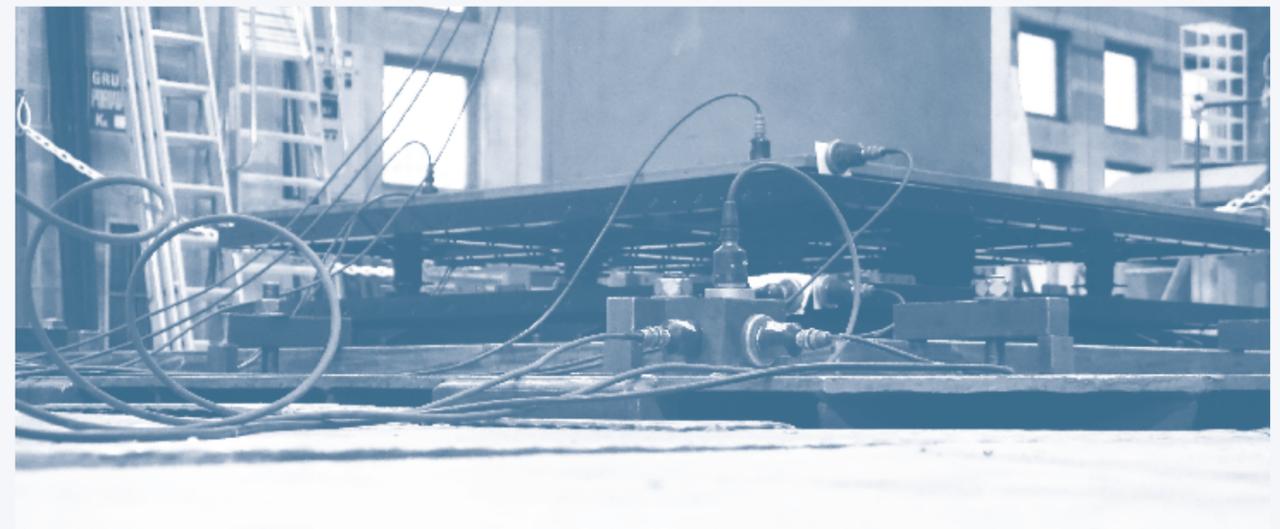
The first and ambitious purpose will be to carry out a systematic analysis of the risks of damage to works in exhibition or in custody - creating a true catalogue - followed by diagnostic investigations, of many works exhibited in the Museums of the Basilicata.

As a second step, the performance of the available different techniques of protection from vibrations will be assessed, also through the cooperation with high-end international partners. It is important to

outline that from one hand the commonly adopted solutions for vibration protection are mainly developed for structures, while the pieces to protect in museums are usually nonstructural: in this case it is thus necessary to develop innovative protection devices. In view of the increasing number of temporary exhibitions, the project will provide for solutions that are able to carry out the necessary protection of the works from both seismic and environmental vibrations.

The applicant group, which was formed also thanks to previous projects of the Department in this field, includes the Department of Mechanical Engineering of Politecnico di Milano as an academic partner, and private and industrial partners with high-end technical expertise, in particular: C.B.C., a company operating in the sector of the Conservation of Cultural Heritage, 3D research, a spinoff for technology and cultural innovation of the University of Calabria and Arteria srl, a company specialised in the logistics of the arts and valuable assets.

The final and ambitious purpose of the research group, in cooperation with the strategic partners, is to define procedures that go beyond the specific case of the Museums of the Basilicata - providing for a crucial contribution that might be able to set a guideline in the field of vibrations and impacts protection of artistic artefacts.



ITA

Traverse ferroviarie sostenibili:

la collaborazione tra Greenrail e Politecnico di Milano

Nel 2016 Greenrail e Politecnico di Milano hanno avviato un progetto di ricerca biennale sotto l'egida della Fondazione Politecnico, con la partecipazione dei Dipartimenti di Meccanica, Chimica, Materiali e Ingegneria Chimica "Giulio Natta", Design ed Energia. La ricerca, avviata su proposta della società e conclusasi nel settembre 2018, ha avuto come oggetto lo sviluppo di traverse ferroviarie con caratteristiche di innovazione sotto diversi aspetti:

- miglioramento dell'impatto ambientale, dal punto di vista delle vibrazioni trasmesse e dell'utilizzo di materiale di riciclo da pneumatico e plastica da rifiuto;
- realizzazione di una traversa integrata da un nodo sensoriale finalizzato ad attività di diagnostica del rotabile e dell'infrastruttura.

Per il MeccPolimi è stata interessata la Sezione di Meccanica dei Sistemi, responsabile dell'indirizzamento e del coordinamento della ricerca per l'energy harvesting e il nodo sensoriale (sotto la guida del prof. Giorgio Diana, responsabile scientifico del programma), unitamente alla Sezione di Progetto e Disegno di Macchine, coinvolta nelle fasi di realizzazione e sperimentazione del prototipo del nodo sensoriale (attività coordinata dal prof. Francesco Castelli Dezza

con i colleghi Davide Tarsitano e Francesco Ferrise).

Il MeccPolimi ha inoltre eseguito le prove strutturali sulle traverse (secondo la Normativa Europea sull'infrastruttura ferroviaria), sul rivestimento in materiale riciclato e sui pannelli fotovoltaici.

La ricerca ha consentito di realizzare e sperimentare in linea il primo nodo sensoriale integrato in una traversa, costituito da un pannello fotovoltaico, abbinato a una batteria per l'accumulo dell'energia captata dal pannello, e per l'alimentazione di un sensore e del relativo trasmettitore Wi-Fi. Il nodo include la scheda per la gestione delle diverse funzioni: accumulo di energia, misura, acquisizione automatica dei dati acquisiti e loro trasmissione ad un receiver point.

Tra gli obiettivi del progetto vi è infatti quello rendere la traversa un sistema integrato di diagnostica del rotabile, per quanto riguarda lo stato manutentivo degli assili e dell'infrastruttura, per il rilievo, ad esempio, della misura della condizione termica della rotaia, della condizione strutturale dell'armamento in sezioni particolarmente soggette a degrado, quali le transizioni con i ponti e l'ingresso delle gallerie.

ENG

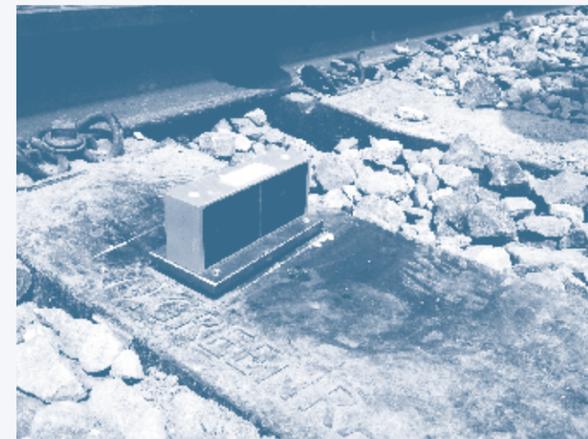
Sustainable railway sleepers: a collaboration between Greenrail and Politecnico di Milano

In 2016 Greenrail and Politecnico di Milano launched a two-year research project under the coordination of Fondazione Politecnico, with the participation of the Departments of Mechanical Engineering, Chemistry Materials and Chemical Engineering "Giulio Natta", Design and Energy.

The research, initiated on the company's proposal and concluded in September 2018, focused on the development of railway sleepers with innovative features in several aspects:

- improvement of the environmental impact, from the point of view of transmitted vibrations and the use of recycled tire materials and plastic waste;
- definition of an integrated sleeper by means of a sensory node aimed at performing diagnostic activity on the rolling stock and the infrastructure.

For MeccPolimi the research group of Dynamics and Vibration of Mechanical Systems and Vehicles was mainly involved, being responsible for addressing and coordinating the areas of energy harvesting and the sensory node (under the guidance of Prof. Giorgio Diana, scientific responsible of the program), together with the research group of Methods and Tools for Product Design, involved in



the phase of realization and experimentation of the prototype of the sensory node (coordinated by prof. Francesco Castelli Dezza with prof. Davide Tarsitano and Francesco Ferrise). The Department of Mechanical Engineering also carried out structural tests on the sleepers (according to the European Standard for railway infrastructure), on the recycled material cladding and on the photovoltaic panels. The research has allowed to realize and successfully test in line the first sensorial node integrated in a sleeper, consisting of a photovoltaic panel combined with a battery for the accumulation of energy captured by the panel, and for the power supply of a sensor and relative Wi-Fi transmitter. The node includes a device managing the different functions: energy storage, measurement, automatic acquisition of acquired data and their transmission to a receiver point.

One of the objectives of the project is, in fact, to make the sleeper a sensorial and communication node, through which obtaining an integrated system for the diagnostics of the rolling stock, with regard to the maintenance status of the axles and the of infrastructure. This would enable, for instance, monitoring the thermal condition of the rail, the structural condition of the track in sections particularly subject to deterioration, such as the transition with bridges and the entrance in tunnels.

MeccPolimi a capo del progetto H2020 IDERPLANE:

Innovative Design Criteria for Reliable Planet bearings



- test bi-disk per riprodurre propagazione sub-superficiale di cricche in condizioni RCF;
 - la possibilità di seguire e tracciare il percorso delle cricche tramite tomografia (raggi X e sincrotrone) da parte di INSA-Lyon;
 - analisi FEM del componente in condizioni reali (UNiBz) per poi validare le analisi di damage tolerance in una serie di prove su un banco full-scale (PoliMI).
- L'approccio di progetto si basa su un'analisi preliminare di damage tolerance volta a identificare la dimensione massima dei difetti accettabili. Una precisa previsione del percorso della cricca (sotto l'effetto degli sforzi dovuti al contatto dei cuscinetti, all'ingranamento ed agli

sforzi residui dovuti al processo) permetterà di valutare quindi l'affidabilità di un progetto e l'influenza dei diversi parametri. La validazione dei nuovi criteri proposti sarà effettuata con una serie di prove full-scale soggette a carichi rappresentativi dell'esercizio, in presenza di danneggiamenti superficiali creati artificialmente. Le prove permetteranno altresì di testare nuove metodologie di monitoraggio, in particolare attraverso l'emissione acustica. Il progetto è stato avviato nel Novembre 2018 e si concluderà a Novembre 2021, e vede coinvolti al Dipartimento di Meccanica tre professori, un ricercatore RTDA, un assegnista e un dottorando, a cui si affiancheranno tesisti di laurea magistrale.

ITA

IDERPLANE è uno dei nuovi progetti finanziati dal programma europeo H2020 CleanSky2, coordinato dal Dipartimento di Meccanica del Politecnico di Milano con la direzione scientifica del prof. Stefano Beretta. Topic Manager industriale è GE Avio, e partner del consorzio sono l'Università di Brescia (UniBS), INSA Lione, la Libera Università di Bolzano e il team di Argo Srl.

Le trasmissioni a elevate densità di potenza che devono essere progettate per moderni motori turbofan ad alta efficienza richiedono una massiccia applicazione di rotismi epicicloidali con planetari contenenti un cuscinetto integrato sull'anello interno della ruota dentata. Obiettivo principale del progetto è fornire criteri innovativi, validati sperimentalmente, per la progettazione e la verifica di planetari con cuscinetto integrato più affidabili di quelli che vengono attualmente progettati.

Questi componenti sono infatti soggetti a severe condizioni di Rolling Contact Fatigue - RCF - come altri componenti (ad esempio ruote/rotaie in treni alta velocità); la propagazione di microcricche superficiali costituisce il tipico danneggiamento in queste condizioni di esercizio. Tuttavia, confrontando con altre applicazioni come quelle ferroviarie, non vi è presenza di usura superficiale che rimuova il danneggiamento superficiale. In particolare, in alcuni casi spe-

cifici, le ruote planetarie sono state affette da cricche superficiali che hanno biforcuto verso il corpo della ruota provocando una rottura completa. Le analisi di questi rari casi hanno mostrato una competizione tra cricche superficiali e quelle sub-superficiali sostenute dagli sforzi di taglio.

L'idea principale del progetto IDERPLANE è l'analisi di questo tipo di cedimenti non in termini di approccio 'safe life', ma sulla base di concetti di 'damage tolerance'.

Questo tipo di analisi è rivolto a capire/misurare il rischio di rotture catastrofiche nel caso di sviluppo di cricche sub-superficiali sostenute da sforzi di taglio.

Potrebbe sembrare un approccio consolidato, ma RCF è un'area in cui vi sono pochi dati disponibili per tali analisi (che necessitano di dati consolidati in termini di curve di propagazione diverse per i diversi meccanismi di cedimento) perché è difficile ottenere una propagazione stabile delle fratture per effetto di sforzi di taglio.

Queste difficoltà rappresentano la forza e unicità del consorzio del progetto IDERPLANE, i cui partners hanno specifiche tecnologie abilitanti:

- una metodologia di prova per riprodurre propagazione di microcricche in condizioni RCF (PoliMI);

I derplane H2020...

ENG

MeccPolimi wins H2020 project IDERPLANE – Innovative DEsign criteria for Reliable PLANEt bearings

The IDERPLANE H2020 research project has recently being funded by the European Community – Call CleanSky2 – and is led by the Department of Mechanical Engineering of Politecnico di Milano with the scientific direction of prof. Stefano Beretta. Topic Manager is GE Avio, and the consortium is composed by the University of Brescia, the "Institut national des sciences appliqués" INSA-Lyon, the Free University of Bozen-Bolzano and the team of Argo Srl.

The high power transmissions that have to be designed for modern highly efficient turbofans need the extensive application of epicyclic gears with planet gear containing an integrated bearing. These components are subjected to severe rolling contact fatigue (RCF) conditions as many others (e.g. wheels/rails of high speed trains): propagation of micro-cracks starting from the bearing race surface and leading to spalling is a typical damage mode of these components. The main objective of the project is to provide innovative, effective and validated criteria for the design and assessment of more reliable planet bearings for aerospace application.

Compared other applications, there is no surface wear to remove the surface damage. In detail, in some specific cases that have led to catastrophic failures, planet gears are affected by cracks starting from the spalls that can bifurcate into the body of the gear wheel, leading to the complete failure of the component. Based on experimental observations, the analyses have shown interactions between spalling and sub-surface cracks driven by shear stresses: in-core cracks are the result of a competition between the two phenomena. The main idea behind IDERPLANE is to analyze the problem not in terms of the usual stress-based design of gears, but rather on damage tolerance concepts. This kind of analysis is meant at understanding/measuring the risk of a catastrophic failure in the case of development of subsurface propagation of cracks driven by shear stresses. This could be seen as an established route, but unfortunately RCF is a grey area where there are no data available for such an analysis (that should be based on reliable crack growth curves for

different driving mechanisms), because it is very difficult to make cracks propagate under shear as it happens in RCF (and as it was shown in the known failures of planet gear containing an integrated bearing).

This is the strength and unicity of the IDERPLANE consortium, where the partners have special technology and abilities:

- to obtain crack growth curves under RCF conditions on specimens (PoliMI);
- to reproduce the subsurface crack propagation in bi-disks experiments (UniBS);
- to follow and track the development of sub surface cracks under complex load conditions (INSA), to analyse by FE the real service conditions (UniBZ);
- to validate the defect tolerance and the design criteria by means of full scale tests (PoliMI).

The design approach proposed is based on a preliminary damage tolerance analysis, aimed at identifying the maximum size of the allowable defects, followed by the subsequent crack growth investigation.

An effective prediction of the crack growth path, aimed at the maximization of the reliability, favoured by paths which produce spalling instead of in core crack propagation, can be achieved only if several influence parameters are considered. In particular, the properties of the base material, the geometry of the component, the heat treatment process, the profile of the residual stresses and the hardness profile, with its case-core transition, are taken into account.

The validation of the proposed design criteria will be performed by means of full scale test articles subjected to load conditions representative of the real application together with the presence of artificial spalls. New monitoring approaches based on acoustic emission will be also implemented.

The project started in November 2018 and will end in November 2021; within MeccPolimi the research group is composed by three professors, one senior researcher, one doctoral candidate and one research fellow, with the participation of some master level student.

ITA

Un innovativo scarico per motocicli realizzato tramite deposizione diretta laser (Laser Metal Deposition – LMD) al MeccPolimi: è questo il primo dimostratore del progetto MADE4LO – Metal Additive for Lombardy, il progetto regionale del valore di più di 6 milioni di euro, che vede coinvolti sette partner aziendali e due università lombarde. I ricercatori del Dipartimento di Meccanica, in collaborazione con Lafranconi, CNR STIIMA e Team3D e coordinati dalla prof.ssa Barbara Previtali, hanno realizzato lo scarico innovativo attraverso il sistema di stampa 3D Additube di BLM Group.

Il pezzo finale, in acciaio inossidabile, misura 450 mm ed è composto da tre strutture tubolari che si fondono in una singola. Con la tecnica LMD è stato infatti possibile realizzare il componente come unico pezzo, mentre la fabbricazione convenzionale richiede ancora oggi complesse attrezzature di formatura e maschere di saldatura, nonché procedure ancora in parte manuali. Il nuovo componente, prodotto in sole 12 ore, dimostra così le elevate potenzialità e capacità della tecnologia LMD. Obiettivo della ricerca, all'interno del progetto MADE4LO, è la riduzione del time-to-market nella realizzazione di piccole serie e prototipi funzionali senza attrezzature specifiche, pur permettendo l'esecuzione di prove su banco. La sfida per il mondo additive si gioca sulle dimensioni e sulla complessità geometrica di un oggetto come questo, tridimensionale e senza un unico asse di crescita.

Per produrre tale geometria, il sistema Additube utilizza i movimenti combinati di un robot antropomorfo e di una tavola roto-basculante, permettendo la creazione di oggetti con sviluppo free-form, caratterizzati dall'assenza di strutture di supporto.

Anche l'apporto del design for Additive Manufacturing e la programmazione delle traiettorie di deposizione rappresentano un elemento cruciale nella riuscita di questo tipo di produzione.

Realizzato il primo dimostratore del progetto regionale MADE4LO - Metal Additive for Lombardy



ENG

Innovative motorcycle exhaust manifold produced by laser metal deposition within MADE4LO

A novel motorcycle exhaust manifold was produced by Laser Metal Deposition (LMD) at MeccPolimi within MADE4LO, a project funded by Regione Lombardia with 6 million euro budget, involving seven regional companies and two universities. The researchers of the Department, in collaboration with Lafranconi, CNR STIIMA and Team 3D, and coordinated by prof. Barbara Previtali, produced the innovative steel exhaust manifold employing the Additube 3D printing system of BLM Group developed in our laboratories.

The produced stainless steel manifold measures 450 mm in height and is composed of three tubular structures merging to a single one. With this system the complex welding fixtures and procedures used in the conventional manufacturing process were eliminated, thus demonstrating the capabilities of the LMD technology. Furthermore, the component was produced in 12 hours only.

The research aim within MADE4LO is the time-to-market reduction, enabling the construction of small series and functional prototypes which do not require specific tools for their production while ensuring bench tests. The challenge for the LMD process has been the large dimension of the product and the complexity of the deposition geometry, which does not follow a single build axis.

To produce this geometry, Additube uses a robotic arm and a rotating-tilting table. This setup allows the production of free-form geometries without the use of support structures. The design was made to respect the requirements of the Additive Manufacturing process, and the deposition path programming has been carefully studied for the successful production of the part.



Turbine off-shore galleggianti: una sfida per la ricerca



ITA Il mantenimento della leadership tecnologica mondiale nel settore delle energie rinnovabili è uno degli obiettivi principali del programma di finanziamento della ricerca della Comunità Europea Horizon 2020, con particolare interesse per il settore dell'energia eolica. Attualmente uno dei filoni di ricerca più rilevanti, tra quelli che riguardano lo sfruttamento dell'energia del vento, è legato alle installazioni off-shore delle macchine eoliche. La tecnologia attuale è caratterizzata da installazioni "bottom-fixed", ossia con la macchina direttamente installata sul fondo del mare, tramite sottostrutture a monopalo o a traliccio; questo tipo di parco eolico marino rappresenta la quasi totalità delle wind farm off-shore già operative o in corso di costruzione. Le macchine "bottom-fixed" possono essere installate, e sono economicamente competitive, fino a circa 50 m di profondità del mare, mentre perdono convenienza economica con fondali più profondi.

La presenza di vento e di fondali relativamente bassi ha permesso un grande sviluppo dell'eolico off-shore nel Mare del Nord; la situazione del fondale è molto differente se si considerano invece il Mar Mediterraneo e l'Oceano Atlantico, perché in questi casi la risorsa (il vento) è presente in zone caratterizzate da acque più profonde.

In questi mari, lo sfruttamento della risorsa eolica è possibile solo grazie a macchine installate su piattaforme galleggianti; questo tipo di tecnologia permette inoltre di stare a grande distanza dalla costa, diminuendo così l'impatto visivo e aumentando l'accettazione delle wind farm da parte dei cittadini.

Ad oggi le poche macchine galleggianti installate, se ne contano 7 in tutto, sono caratterizzate da un costo dell'energia prodotta molto elevato, non competitivo sul mercato.

È in questo contesto che si registra lo sforzo di molti ricercatori europei per migliorare tutti gli aspetti di questo tipo di macchina in modo da renderla una alternativa percorribile anche dal punto di vista economico: ogni elemento del sistema macchina+sottostruttura+ormeggio deve essere migliorato e ottimizzato in modo da aumentarne la vita utile e ridurne il costo. Attualmente la ricerca è focalizzata su tutti gli aspetti del problema: dalla modellazione numerica aero-idro elastica, al disegno di sistemi di controllo evoluti e specificamente dedicati a questo tipo di macchina, dalle operazioni di installazione e manutenzione alla riduzione delle incertezze nella predizione delle performance e nello sviluppo di tecniche di modellazione fisica in scala atte alla validazione dei modelli numerici.



Proprio la modellazione in scala rappresenta una delle grandi sfide, a causa dell'interazione della turbina con due elementi naturali allo stesso tempo: il mare, ossia il forzamento dovuto al moto ondoso, e il vento. Le strutture sperimentali, i "laboratori" dove si testano oggi le turbine off-shore, sono pensate per simulare l'interazione con uno solo di questi due elementi: i bacini oceanici servono per studiare l'interazione con le onde, e le gallerie del vento sono pensate per la corretta riproduzione del carico eolico. Per superare questo problema i laboratori si stanno orientando verso tecniche di prova ibride in cui si affianca al modello fisico un modello numerico in tempo reale. In questo contesto si inserisce la ricerca fatta presso il Dipartimento di Meccanica nell'ambito del progetto Europeo H2020 LIFES50+, coordinato per MeccPolimi dal prof. Marco Belloli.

Il gruppo di ricerca del Dipartimento, composto da una decina di docenti e ricercatori e da oltre 20 studenti che hanno svolto la loro tesi di master sull'argomento, ha sviluppato una metodologia ibrida per provare le macchine eoliche galleggianti nella Galleria del Vento a strato limite del Politecnico di Milano.

Questa metodologia si basa su una modellazione agli stati dell'idrodinamica, che viene integrata in tempo reale, insieme alla dinamica

del sistema di ormeggio, mentre le forze aerodinamiche vengono misurate sul modello fisico della turbina. Il sistema viene movimentato tramite un esapode che simula alla base della macchina gli spostamenti, in scala, che subirà la vera turbina in mare.

Durante lo sviluppo del progetto il gruppo ha curato tutti gli aspetti del problema, ossia la progettazione e realizzazione del modello in scala della turbina, con il sistema di attuazione e controllo che riproduce il comportamento servo-aeroelastico della macchina full-scale, il progetto e la realizzazione dell'esapode e del controllore che simula l'effetto del galleggiamento e la definizione e implementazione del modello numerico in tempo reale che simula l'interazione idroelastica. Da ultimo è stata definita la metodologia di prova in Galleria del Vento.

Il gruppo di ricerca è parte della sezione di Meccanica dei Sistemi, coinvolta oggi in altri due progetti europei legati all'energia eolica, a riprova dell'interesse in continua crescita per questo filone di indagini: CL Windcon, dedicato al controllo delle wind farm, e The Blue Growth Farm (vedi articolo pp. 40-41), che prevede la realizzazione di una piattaforma off-shore galleggiante multi-purpose in scala 1:15.



Floating off-shore wind turbines: a new challenge in renewables

The strengthening of the world leadership in the sector of renewable energy is one of the main objectives of the European Community Horizon 2020 funding program, with particular attention to wind energy. Currently, one of the most interesting research lines among those concerning the exploitation of wind energy is related to off-shore installations of wind turbines. At present, the technological framework comprises mostly "bottom-fixed" installations, i.e. machines directly installed on the sea bottom, using monopile or jacket substructures; this type of wind farms represents the majority of all the off-shore wind farms already grid-connected or under construction.

The "bottom-fixed" machines can be installed, and are economically competitive, up to about 50m of sea depth, while they lose economic convenience in deeper waters.

The presence of wind and shallow water allowed a great development of the off-shore wind sector in the North Sea, whereas in the Mediterranean Sea and Atlantic Ocean the resource (wind) is present in areas characterized by deep waters. In such cases, the exploitation of wind is then made possible thanks to machines installed on floating substructures and at long-distance from the coast, thus reducing the visual impact and increasing the acceptance of wind farms by citizens.

To date, the few floating wind turbines installed, 7 overall, are characterized by a very high cost of the energy (LCOE), which appears not to be competitive on the market. Within this scenario, the effort of many European researchers has been recently directed to improve all the aspects of this type of systems in order to make them an economically viable alternative: every element of the turbine + sub-structure + mooring must then be improved and optimized in order to increase its life and reduce its cost.

At present, research within this field covers all the aspects of the problem: from aero-hydro-elastic numerical modelling to the design of advanced control systems, from installation and maintenance operations to the reduction of uncertainties in performance prediction and development of physical scale modelling techniques for the validation of numerical models.

The scale modelling represents one of the greatest challenges, due

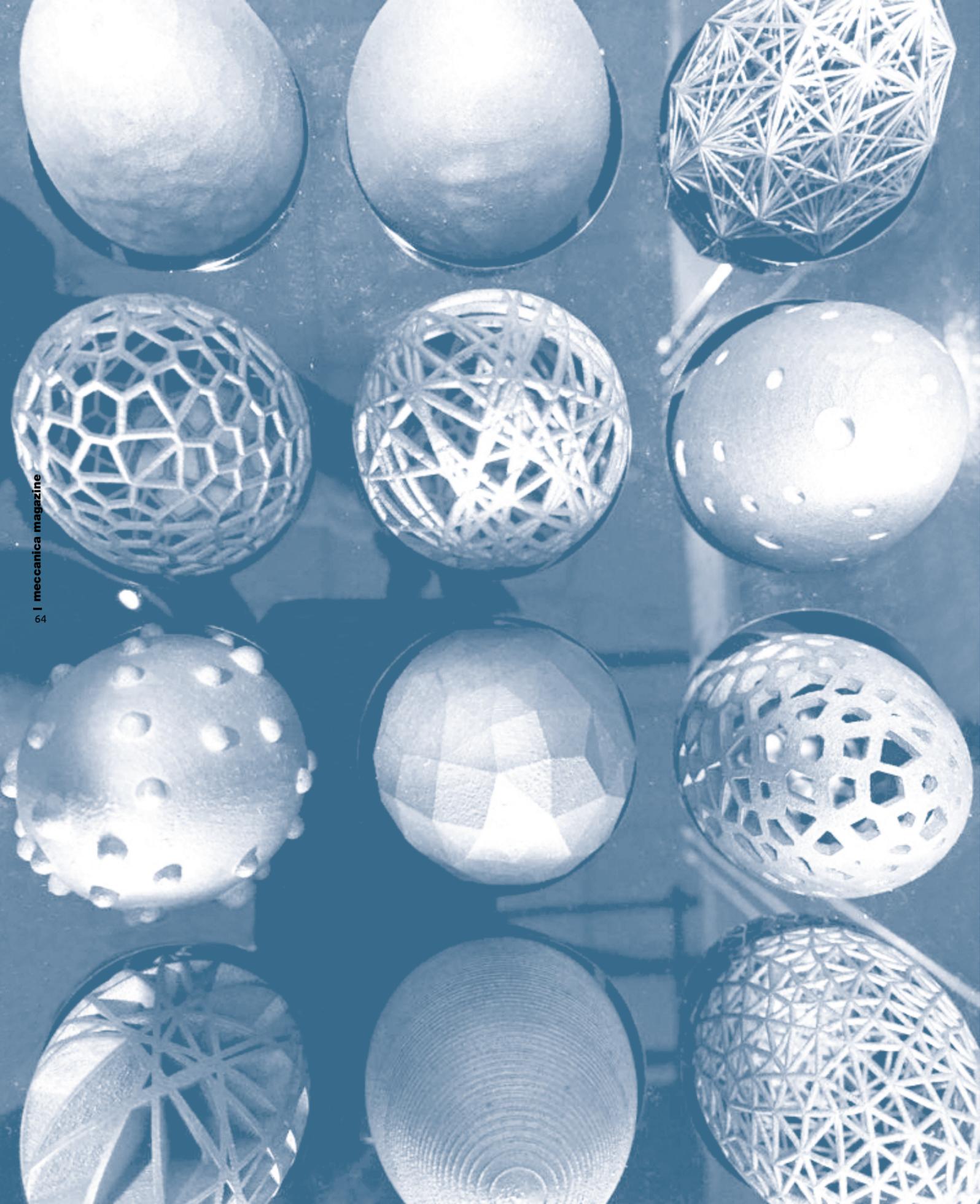
to the interaction with two different natural elements at the same time: the sea, i.e. the wave induced forces, and the wind, i.e. the turbine loads.

The experimental facilities, the "laboratories" where off-shore turbines are currently tested, are designed to simulate the interaction with only one of these two elements: the ocean basins are used to study the interaction with the waves, and the wind tunnels are designed to reproduce the wind load.

To overcome this problem, the laboratories are moving towards hybrid testing techniques in which a real-time numerical model is added to the physical model. In this specific context the Department of Mechanical Engineering of Politecnico di Milano is currently involved as partner of the European project H2020 LIFES50+, coordinated at MeccPolimi by prof. Marco Belloli.

The Department's research group, made up of a dozen professors and researchers and over 20 students who have carried out their master's thesis on the subject, has developed a hybrid methodology to test the floating wind turbines in the boundary layer Wind Tunnel of PoliMi. This methodology is based on a state-space approach for the hydrodynamics, to be calculated in real time (software-in-the-loop) together with the dynamics of the mooring system, while the aerodynamic forces are measured on the physical model of the wind turbine. The motion to the base of the turbine is provided by an hexapod that simulates the wave-induced motion on the floater. During the development of the project the research unit took care of all aspects of the problem, i.e. the design and building of the turbine scale model, also including the design of a proper control system that reproduces the servo-aeroelastic behaviour of the full scale machine, the project and the realization of the hexapod and its controller and the definition and implementation of the numerical model in real time that simulates the hydroelastic interaction. Finally, also the wind tunnel test methodology was defined.

The research group is part of the Department research line Dynamics and Vibration, which is currently involved in two other European projects related to wind energy, reflecting the growing interest in this research field: CL Windcon, dedicated to the control of wind farms, and The Blue Growth Farm, which involves the construction of a multi-purpose floating platform off-shore in 1:15 scale



DIPARTIMENTO DI ECCELLENZA
MIUR 2018-2022

A Meccanica l'ecellenza si sviluppa: selezione MIUR "Dipartimenti d'Ecceellenza"

ITA A poco meno di un anno dalla selezione da parte del MIUR dei 180 "Dipartimenti di Eccellenza" delle Università statali Italiane, il Dipartimento di Meccanica del Politecnico di Milano conclude la prima fase con l'acquisizione di alcune delle strumentazioni più importanti per lo sviluppo nei prossimi cinque anni dell'attività di ricerca sul tema della mobilità sostenibile, in particolare un vibrometro a scansione laser per misure tridimensionali, un microscopio elettronico con sorgente a emissione di campo equipaggiato con sistemi per microanalisi e per analisi cristallografiche e una serie di apparecchiature per lo sviluppo di processi di Additive Manufacturing con i metalli. La selezione del MIUR si è svolta in due fasi distinte: la prima si è concentrata sulla produzione scientifica delle singole strutture, la seconda su una proposta per un piano di sviluppo quinquennale presentato da ogni Dipartimento. Al piano di sviluppo è stato affiancato un dettagliato programma finanziario di investimento delle risorse allocate in caso di vittoria. La prima fase di valutazione è terminata con il "passaggio" di 350 Dipartimenti sui 766 totali in corsa per il

finanziamento; solo in una seconda fase si è arrivati alla graduatoria finale dei 180 vincitori: con un punteggio di 29/30, tra i più alti, il Dipartimento di Meccanica del Politecnico di Milano è stato così ammesso al finanziamento per i prossimi cinque anni. Il progetto vittorioso presentato da Meccanica è caratterizzato da azioni di diversa natura, che prendono in considerazione l'attività complessiva del Dipartimento: si tratta infatti di un piano di sviluppo focalizzato sul reclutamento del personale (professori, ricercatori, personale tecnico-amministrativo), sulla crescita delle infrastrutture di ricerca e sul miglioramento delle attività didattiche e scientifiche di alta qualificazione. In particolare, l'obiettivo primario è quello di sviluppare nel corso dei prossimi cinque anni attività di ricerca di base e industriale sul tema della mobilità sostenibile, con focus su strutture Lightweight e Smart - LIS4.0 - ("Leggere" e "Intelligenti") integrate, progettate, realizzate e sensorizzate a partire dai principali punti di riferimento già riconosciuti nell'ambito di Industria 4.0 (I4.0).

L'attività di ricerca sarà sviluppata nell'ambito di un nuovo Laboratorio Integrato, caratterizzato da attrezzature e strumentazioni d'avanguardia e da un approccio che metta a sistema competenze e tecnologie specifiche, in quattro ambiti di frontiera:

Smart Metal Additive Manufacturing per strutture 4D funzionalizzate: la Stampa 4D è una tecnologia emergente che permette di realizzare con stampanti 3D dei componenti che hanno la caratteristica di cambiare forma o funzione nel tempo al variare di alcuni parametri come la temperatura, la luce, l'umidità, l'acqua e la corrente elettrica, ...; quindi la quarta dimensione non è ovviamente geometrica ma letteralmente una "trasformazione nel tempo";

Smart materials: sono materiali nati in laboratorio ad esempio mediante processo di 4D printing, che reagiscono nel tempo agli stimoli esterni. Per esempio un metallo che reagisce alle alte temperature modificando la propria struttura e assumendo una forma determinata e prevedibile è uno smart material, perché risponde in un certo modo alla variazione di temperatura e perché lo fa sempre in uno stesso modo; ha dunque una memoria (materiale a memoria di forma). Un'applicazione in campo medico sono gli stent; gli stent servono a liberare le nostre arterie quando sono ostruite da accumuli di colesterolo e possono essere realizzati con smart materials; una volta raggiunta la loro posizione all'interno del nostro corpo lo smart material aumenterà le sue dimensioni perché percepirà il calore del corpo umano e lo stent potrà liberare l'arteria;

Smart structures in materiale composito: le smart structures integrano le azioni di sensori, attuatori e circuiti di controllo a formare un "sistema" che è in grado di rispondere in maniera adattiva per svolgere specifiche funzioni;

Meta-materiali: un meta-materiale è un materiale "ingegnerizzato" per avere proprietà che non esistono in natura. Essi sono realizzati mediante l'assemblaggio di diversi elementi elementari costruiti utilizzando materiali compositi, metallici o plastici; questi elementi elementari sono organizzati a creare delle forme periodiche (che quindi si ripetono con la tessa geometria nello spazio). Quindi le caratteristiche elastiche, acustiche e elettromagnetiche dei metamateriali non dipendono solo dalla loro composizione fisicochimica ma dalla "forma" della loro struttura.

Le attività legate a questo progetto avranno ricaduta industriale principalmente nel settore terziario (servizi e trasporti, 70% del PIL) e nel manifatturiero (20% del PIL); le imprese della Regione Lombardia fatturano annualmente, per il solo settore industriale della mobilità, oltre 20 miliardi, circa 1/3 del fatturato italiano.

"Questo risultato - ha commentato il prof. Marco Boccione, Direttore del Dipartimento di Meccanica - ci riempie di orgoglio e di soddisfazione, e conferma l'altissima qualità del nostro personale e delle attività di ricerca che da decenni svolgiamo in questa struttura. Abbiamo lavorato tutti insieme per raggiungere l'obiettivo, e sono certo che sapremo sfruttare al meglio il finanziamento che ci è stato destinato, consolidando il ruolo del Dipartimento di Meccanica del Politecnico di Milano quale punto di riferimento scientifico a livello nazionale e internazionale".

LIS 4.0 – LIGHTWEIGHT AND SMART STRUCTURES FOR INDUSTRY 4.0

LE SFIDE TECNOLOGICHE

Smart metal additive manufacturing per strutture 4D funzionalizzate
Per lo sviluppo di processi AM sensorizzati, materiali intelligenti con funzionalità innovative.

Strutture smart in materiale composito
Per Profili free-form smart stampati 3D in composito a fibra lunga ad alte prestazioni.

Meta-strutture
Strutture create artificialmente con nuove caratteristiche date dalla geometria sviluppabile su differenti scale dimensionali

Sistemi Autonomi
Per il trasporto di persone con sistemi di guida basati su nuovi sistemi di localizzazione ad elevata risoluzione, interazione uomo-macchina.

LE TECNOLOGIE ABILITANTI (INDUSTRIA 4.0)

Materiali innovativi: metalli compositi, metalli "smart", metamateriali, materiali ibridi e funzionalizzanti.

Tecnologie manifatturiere avanzate e smart: Additive Manufacturing, Micro Manufacturing, integrazione di sensori per monitoraggio e controllo in-situ e in-line.

Nuovi criteri di progettazione: ottimizzazione topologica e multi-criterio, manutenzione on demand, approccio eco-design.

Nuove tecniche di simulazione: multi-scala spaziale e temporale, multi-fisica, modellazione del danneggiamento.

Strutture e componenti smart: sensori e attuatori integrati, sensori distribuiti, IoT, low-power, self-powered sensors.

Logiche innovative: per il monitoraggio, la diagnostica, la prognostica, la comunicazione e localizzazione, la guida autonoma.

Big data analytics: data mining, intelligent data fusion, monitoraggio statistico e ottimizzazione robusta di prodotto/processo.



LIS 4.0 - LIGHTWEIGHT AND SMART STRUCTURES FOR INDUSTRY 4.0

THE TECHNOLOGICAL CHALLENGES

Smart metal additive manufacturing for functionalized 4D structures
For the development of sensorized AM processes, intelligent materials with innovative features.

Smart structures in composite material
For 3D-printed smart free-form profiles in high-performance long-fiber composites.

Meta-structures
Artificially created structures with new characteristics given by their geometry that can be developed in different dimensional scales.

Autonomous Systems
For the transport of people with drive systems based on new high-resolution localization systems, and human-machine interaction.

ENABLING TECHNOLOGIES (INDUSTRY 4.0)

Innovative materials: metal matrix composites, “smart” metals, meta-materials, hybrid and functionalized materials.

Advanced and smart manufacturing technologies: Additive Manufacturing, Micro Manufacturing, integration of sensors for in-situ and in-line monitoring and control.

New design criteria: topological and multi-criteria optimization, maintenance on demand, eco-design approach.

New simulation techniques: spatial and temporal multi-scale, multi-physics, damage modeling.

Smart structures and components: integrated sensors and actuators, distributed sensors, IoT, low-power and self-powered sensors.

Innovative strategies for assembly, diagnostics, prognostics, communication and localization, autonomous driving.

Big data analytics: data mining, intelligent data fusion, statistical monitoring and robust product / process optimization.



ENG

Advancements in “Excellence” at the Department of Mechanical Engineering

Less than a year ago the conclusion of the selection promoted by MIUR (Ministry of Italian University and Research) of the 180 Department of Excellence among the Italian public universities: MeccPolimi is now ending the first phase of the Excellence project with the acquisition of relevant instruments that will be crucial for the development of the 5-year research activity dedicated to sustainable mobility. In particular, the Department has finalized the acquisition of a 3D laser scanning vibrometer, a field emission scanning electron microscope equipped with integrated Energy-dispersive X-ray spectroscopy (EDS) and Raman Imaging analysis (RISE) and several devices for the development of metal Additive Manufacturing processes.

The selection was run in two phases: the first one dedicated to scientific production and the second to the evaluation of a 5-year project proposal presented by each Department, all proposals being also linked to a financial plan for investing the resources eventually allocated. The first phase ended with the success of 350 Departments out of 766; during the second one, the 180 winners were announced, and with a final score of 29/30, among the highest, the Department of Mechanical Engineering of Politecnico di Milano was allocated a 5-year additional funding.

The project presented by MeccPolimi focuses on different actions, linked to the wide spectrum of activities and skills available within the Department: it relies on recruitment strategies (at faculty, researcher and administrative level), on the growth of research infrastructures, and on the improvement of top-level educational and scientific activities.

In particular, its main objective lies in the development, during the next five years, of basic and applied research on the theme of sustainable mobility, with focus on Lightweight e Smart Structures - LIS4.0, integrated, designed, realized and sensorized in accordance with the main strategies identified within the Industry 4.0 paradigm.

The research activity will be developed through a new Integrated Laboratory, with state-of-the-art instruments, and a collaborative, interdisciplinary approach at the forefront of technology in four main research areas:

Smart Metal Additive Manufacturing for 4D functionalized structures: 4D printing is an emerging technology that allows 3D printers to

produce components that can modify their own shape or function through time, as parameters like temperature, light, humidity, water, electric power, ... change; thus, the 4th dimension will not be geometrical, but literally a “transformation over time”.

Smart materials: generated in labs with, for instance, 4D printing, they react through time to external stimuli. A metal modifying its structure as a consequence of high temperatures, then assuming a determined and predictable shape, is a smart material, because it responds to the modified temperature in a specific way, and always with the same results: this metal has a “memory” (it’s a shape memory material - SMM). Medical stents are one of the possible applications: they are used to unclog our arteries when blocked by accumulated cholesterol, and can be realized with smart materials. Once they reach the designated area in our body, their material will enlarge itself by sensing the body’s heat, thus unblocking the arteries.

Composite Smart structures: smart structures integrating sensors, actuators and control circuits, as such creating a “system” able to respond and adapt differently with respect to specific demands.

Meta-materials: materials “engineered” to obtain properties that cannot be found in nature. Realized by assembling diverse basic elements made of composite materials, metals or plastic; these elements are organized as to compose periodic forms (repeating themselves with the same geometry). Therefore, the elastic, acoustic and electromagnetic properties of meta-materials are a consequence both of their inner composition and the “form” of their structure.

The activities of the “Excellence” project will have their main industrial impact on the service industry (transport and services, 70% of GDP) and manufacturing (20% of GDP); annually, within the industrial sector of mobility, companies located in Regione Lombardia profit for over 20 billion euro, approximately 1/3 of the Italian revenue.

“This result – said prof. Marco Bocciolone, Head of the Department of Mechanical Engineering – makes us particularly proud and gratified, and it’s the confirmation of the outstanding quality of our people and of the research activities that we have been carrying on for many years in our Department. It was a group effort, and I am confident that we will maximize the funding allocated, also reinforcing the role of the Department as scientific reference both at national and international level”.

ITA

Nuovi materiali compositi che “imitano” le ossa:

la ricerca del MeccPolimi su Scientific Reports-Nature

Docenti e ricercatori del Dipartimento di Meccanica del Politecnico di Milano stanno realizzando, insieme ai ricercatori della Clausthal University of Technology - Germania, nuovi materiali compositi ispirati alla struttura dell'osso; si tratta di materiali che hanno una struttura innovativa che permette di raggiungere performance più elevate rispetto agli attuali materiali da costruzione.

La collaborazione tra i gruppi di ricerca delle due università, infatti, ha portato di recente alla produzione di nuovi compositi fibrorinforzati che imitano l'elevata tenacità e lo straordinario equilibrio di resistenza e rigidità del tessuto osseo. I ricercatori hanno scelto l'osso come modello a cui ispirarsi, data la combinazione sorprendente di proprietà meccaniche, difficilmente riscontrabile in materiali artificiali. Ad esempio, l'osso corticale, dalla struttura densa e compatta, fornisce un buon sostegno strutturale, mentre l'osso trabecolare, più poroso, offre un'ottima resistenza alla compressione. Entrambi hanno una straordinaria capacità di rimodellarsi e autoripararsi, sotto l'effetto di sollecitazioni meccaniche. Combinando l'analisi del tessuto osseo ai principi dell'ingegneria, il team di ricercatori ha studiato il modo di utilizzare polimeri e fibre sintetiche per creare nuovi materiali fibrorinforzati con una struttura interna innovativa e una vasta gamma di potenziali applicazioni.

Per realizzare questo materiale è stata messa a punto, in laboratorio, una nuova tecnica di produzione.

La ricerca è illustrata nell'articolo "Bone-inspired enhanced fracture toughness of de novo fiber reinforced composites", pubblicato sulla



ENG

New composite materials that “mimic” bone tissue: the research of MeccPolimi on Scientific Reports - Nature

A group of researchers from the Department of Mechanical Engineering of Politecnico di Milano is currently working together with researchers from the Clausthal University of Technology - Germany, to develop new composite materials inspired by the bone structure. These materials have an innovative structure that allows the achievement of higher performances with respect to current building materials.

The collaboration between the research groups of the two universities, in fact, has recently led to the fabrication of new fiber-reinforced composites that mimic the high toughness and the outstanding balance of strength and stiffness of the bone tissue. The researchers chose bone as a biomimetic model, given the extraordinary combination of mechanical properties, which are difficult to be achieved in man-made materials. For example, the cortical bone, with its dense and compact structure, provides good structural support to animal bodies, while the more porous tissue, aka trabecular, offers excellent resistance to compression. Both have the ability to self-remodel and self-repair, when triggered by mechanical stimuli. By combining bone tissue analysis with engineering principles, the team of researchers studied how to use polymers and synthetic fibers to create new fiber-reinforced materials with an innovative internal topology and a wide range of potential applications. To create this material, a new manufacturing technique was devised in the laboratory.

rivista Nature Scientific Reports da Flavia Libonati e Laura Vergani, del MeccPolimi, Dilmurat Abliz e Gerhard Ziegmann, del Dipartimento di Materiali Polimerici e Ingegneria delle Plastiche della Clausthal University of Technology. Tra i coautori figurano André Vellwock e Francesco Ielmini, due ex studenti che hanno contribuito alla ricerca durante il loro lavoro di tesi.

Replicando le principali caratteristiche microstrutturali del tessuto osseo nel design di nuovi materiali, è stato possibile riprodurre i meccanismi fondamentali di tenacizzazione dell'osso, incrementando la tenacità del materiale di quasi il 30% rispetto a laminati compositi generalmente utilizzati, e raggiungendo un ottimo compromesso tra la resistenza e la rigidità. L'aumento della tenacità a frattura rappresenta un grande passo avanti nel settore dei materiali compositi.

La strategia di progettazione adottata apre nuove strade al design

di materiali compositi consentendo di superare i limiti intrinseci dei laminati, attualmente più utilizzati per la realizzazione di strutture leggere.

La straordinaria combinazione di leggerezza, resistenza e tenacità, consentirebbero infatti di migliorare significativamente la sicurezza di strutture e componenti meccanici, con un impatto notevole sia nel settore della ricerca che in quello industriale. Le conoscenze acquisite grazie a questa ricerca potrebbero portare a un reale cambiamento di paradigma nella progettazione dei materiali. Tra le possibili applicazioni future e i vantaggi di questo lavoro di bio-ispirazione figurano anche un vantaggio in termini di peso e una maggiore sicurezza, soprattutto in applicazioni in cui il rischio di un cedimento improvviso è molto alto, come nei gasdotti, o in componenti protesici che presentano particolari criticità.

The outcome of this research is presented in the paper "Bone-inspired enhanced fracture toughness of de novo fiber reinforced composites", published in Scientific Reports - Nature by Flavia Libonati and Laura Vergani of MeccPolimi, Dilmurat Abliz and Gerhard Ziegmann, of the Department of Polymeric Materials and Plastics Engineering at Clausthal University of Technology. The co-authors included André Vellwock and Francesco Ielmini, two former students who contributed to the research during their thesis work.

By mimicking the main microstructural characteristics of the bone tissue in the design of new materials, it was possible to reproduce the fundamental mechanisms of bone toughening, increasing the fracture toughness of the composite by 30% compared to the classic composite laminates, and achieving an optimal balance with strength and stiffness. The increase in fracture toughness represents a major breakthrough in the field of composite materials, and the design strategy adopted opens up new venues for material design, allowing one to overcome the intrinsic limits of the laminates, which are currently largely adopted for design and manufacturing of lightweight structures and components.

The remarkable combination of lightness, strength, and toughness would significantly improve the safety of mechanical structures and components, with a major impact both in the research and in the industrial sectors. The knowledge gained through this research could lead to a real paradigm shift in material design. Amongst the possible future applications and benefits of this research on bio-inspiration there is also an advantage in terms of weight and a safety enhancement, especially in applications where the risk of a sudden failure is very high, e.g. gas pipelines, or prosthetic components with a certain level of criticality.



Luce laser contro il tumore al pancreas: il progetto della ricercatrice Paola Saccomandi premiato con un ERC Starting Grant

ITA

Paola Saccomandi, Laurea e Dottorato di Ricerca in Ingegneria Biomedica presso l'Università Campus Bio-Medico di Roma, da Maggio 2018 è entrata a far parte del corpo docenti del Politecnico di Milano, dove con il suo gruppo di ricerca potrà lavorare allo sviluppo di una piattaforma tecnologica per una terapia, minimamente invasiva, che mira a ridurre il tumore mediante un laser senza creare danni ai tessuti circostanti. Con il suo progetto presentato nel 2017 "Laser Ablation: SElectivity and monitoRING for OPTimal tuMor removal" Paola Saccomandi è una tra le più giovani ricercatrici ad aver ottenuto un ERC Starting Grant.

L'obiettivo principale dell'ERC (European Research Council) è quello di sostenere l'Eccellenza, potenziando il dinamismo e la creatività della ricerca europea "di frontiera". Lo scopo strategico è, quindi, quello di supportare progetti di ricerca ad alto rischio, condotti da Principal Investigators (PI) con curricula di rilievo a livello internazionale. I progetti sono finanziati sulla base delle proposte presentate dai ricercatori, in qualsiasi campo della scienza, senza topic predefiniti e valutati sulla base del solo criterio dell'eccellenza scientifica. Concluso il Dottorato di ricerca nell'ateneo romano, Saccomandi si è trasferita presso l'Institute of Image-guided Surgery (IHU) di Stra-

sburgo, dove ha perfezionato i contenuti della proposta ERC Laser Optimal: oggetto della ricerca è il trattamento non invasivo e personalizzato del tumore al pancreas. Dopo la vittoria ha scelto l'Italia e il Politecnico di Milano - Dipartimento di Meccanica - come host institution, per sviluppare il suo progetto: questa destinazione le ha permesso di usufruire di un finanziamento aggiuntivo di fondazione Cariplo dell'ammontare di 498 k€ mirato a favorire la migrazione di ricercatori verso le università e gli istituti di ricerca lombardi.

Il progetto è multi- e inter-disciplinare e dunque necessita di svariate competenze nel campo delle misure e dello sviluppo di modelli numerici multi-fisici. Molte di queste competenze caratterizzano già il Dipartimento di Meccanica, che è sede del laboratorio inter-dipartimentale LAFOS-Inter Department Laboratory on fiber optic sensors, e vanta una stretta rete di collaborazioni e di progetti con i colleghi della sezione di bioingegneria del Dipartimento di Elettronica, Informazione e Bioingegneria e del Dipartimento di Matematica. Al di fuori dell'Ateneo, il progetto ha come partner l'IHU di Strasburgo con la partecipazione dell'INRIA, il Beckman Research Institute of the City of Hope di Duarte (California), ed ha il supporto di esperti dal Campus Bio-Medico di Roma.

Il progetto prevede lo sviluppo di una piattaforma terapeutica per la rimozione laser di forme localizzate di tumore al pancreas: l'obiettivo è indurre un danno termico esclusivamente nel tumore e nel margine di sicurezza intorno, lasciando intatto il tessuto e le strutture anatomiche circostanti, tramite una fibra ottica (diametro < 1 mm) che guida un laser NIR. Poiché è importante che la necrosi coagulativa interessi solo la massa tumorale, senza danneggiare i tessuti sani, si utilizzeranno nano-particelle in grado di rendere selettivo l'assorbimento della luce laser nel target di interesse. Inoltre, si lavorerà all'ottimizzazione dell'effetto terapeutico del laser nel tumore, tramite lo sviluppo di simulazioni predittive basate sulle caratteristiche anatomiche del singolo paziente, e l'utilizzo di un sistema di misura della temperatura durante il trattamento, basato su sensori in fibra ottica e immagini diagnostiche.

La ricerca si rivolgerà soprattutto al tumore pancreatico, ma la tecnica sarà poi utilizzabile per il trattamento di molti altri tumori.

Gli obiettivi principali di LASER OPTIMAL, ovvero pianificazione del trattamento, monitoraggio e selettività sono particolarmente rilevanti per un organo come il pancreas, molto delicato e sottile, e interessato da strutture vascolari importanti.

Oggi infatti l'utilizzo di tecniche terapeutiche minimamente invasive basate sull'induzione controllata di temperature elevate nel tumore è una potenziale alternativa alla pratica chirurgica.

Attraverso la tecnica dell'ablazione laser le cure potranno essere applicate a un maggior numero di pazienti, anche a coloro che non sono operabili chirurgicamente: oggi solo 2 pazienti su 10 possono accedere alla chirurgia tradizionale, che può essere anche molto invasiva. Al Politecnico di Milano la prof.ssa Saccomandi ha trovato un ambiente che ha recepito immediatamente i temi della sua ricerca; in questi mesi ha gettato le basi per iniziare la sua attività a partire dall'acquisto della strumentazione necessaria e dalla formazione del gruppo di ricerca. Proseguono inoltre le attività di coordinamento e rafforzamento dei contatti con i partner del progetto, con le varie realtà scientifiche del Politecnico e del MeccPolimi, e con altri ricercatori e centri di ricerca collegati.

Tra gli aspetti molto positivi del Politecnico e, in particolare, della sezione di Misure e Tecniche Sperimentali alla quale Paola afferisce, vi è proprio l'ampia rete di contatti e collaborazioni già attive con altre università e aziende del territorio.

Il gruppo di lavoro sarà formato da ricercatori e studenti appassionati all'applicazione della tecnologia per la salute dell'uomo, con competenze che spaziano dalla simulazione numerica alle misure meccaniche e termiche, dall'ottica biomedica all'elaborazione di immagini, dalla ricerca preclinica all'endoscopia. L'obiettivo a breve termine è la realizzazione di un accurato modello predittivo della terapia, testabile in laboratorio con il sistema di monitoraggio termico.

Laser ablation for tumor removal: the project of the Italian researcher Paola Saccomandi awarded with an ERC Starting Grant

Paola Saccomandi joined Politecnico di Milano in May 2018 as Associate Professor, after a MSc and a PhD in Biomedical Engineering at Università Campus Bio-Medico in Rome. At Politecnico, within the Department of Mechanical Engineering, she is now working at the development of a technological platform for a minimally invasive therapy for tumor removal via laser ablation, a technique with no negative impact on the surrounding tissues. Prof. Saccomandi is one of the youngest researchers awarded with an European Research Council (ERC) Starting Grant, with the project presented in the 2017 call "Laser Ablation: SElectivity and monitoRING for OPTimal tuMor removal". ERC Grants have the objective of funding Excellence in research by reinforcing the efficacy and creativity of cutting-edge European research. The aim is to support high-risk projects, conducted by Principal Investigators (PI), with highest-level curricula at international level. The funding is allocated in all research fields and without pre-defined topics, being based exclusively on the scientific excellence of the project.

After her PhD, Saccomandi moved to Strasbourg at the Institute of Image-guided Surgery (IHU), where she further developed the contents of the Laser Optimal Project, focusing on the minimally invasive and "personalized" treatment of pancreatic tumor. To develop her ERC, Paola has chosen Italy and Politecnico di Milano as host institution. This choice resulted in an additional funding of 498 k€ from Cariplo Foundation, targeted at attracting top-level researchers to universities and research institutions located in Lombardy.

The project is multi- and inter-disciplinary, thus requires a number of competences in measurements and in the development of multiphysics numerical models. These competences are already available within the Department of Mechanical Engineering, which is also the project coordinator and the home to LAFOS - Inter Department Laboratory on fiber optic sensors, and avails itself of the collaboration with the research group of Bioengineering from the Department of Electronics, Information and Bioengineering, and the Department of Mathematics of Politecnico di Milano. The LASER OPTIMAL project has the IHU (with the participation of INRIA) and Beckman Research Institute of the City of Hope in Duarte (California) as partners, and is supported by relevant experts at Campus Bio-Medico di Roma.

The project is aimed at creating a therapeutic platform for pancreatic tumor removal, by inducing a thermal damage within the tumor itself, without affecting the surrounding tissues, through an optical fiber (diameter < 1 mm) guiding a near infrared (NIR) laser.

As it is fundamental that the necrosis develops only in the tumor, nano-particles will be used in order to direct the laser ablation specifically in the selected area. Furthermore, the optimization of the therapeutic effects of laser ablation will also be taken into account, with simulations based on the anatomy of patients and the real-time monitoring of the temperature increase during treatment, with the help of optical sensors and diagnostic images. This technique will be now mainly devoted to pancreatic tumor, but future applications on different kinds of tumor will also be possible.

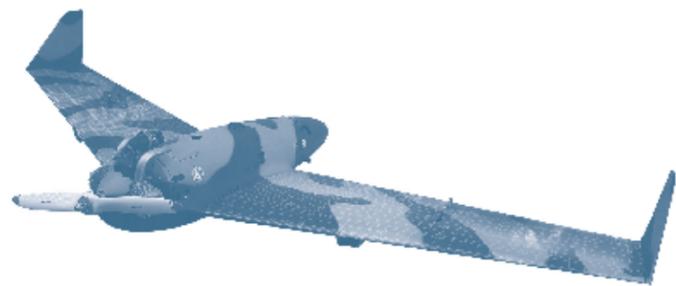
The main aims of the LASER OPTIMAL project, which are the accurate planning of treatment, its monitoring and selectivity, appear to be of relevance for pancreas, which is a delicate and thin organ with an important vascular activity.

Nowadays the use of minimally invasive therapies, based on the controlled induction of high temperatures into the tumor, is a potential alternative to surgery. Laser ablation could be used in the cure of a wide number of patients, also for those not suitable for surgery. Today, only 2 patients out of 10 can undertake traditional surgery, which can also be very invasive.

At Politecnico di Milano prof. Saccomandi found a receptive environment. She was able to begin her research activity in these past few months with the acquisition of important instruments, and with the enlargement of her research group. In the meantime, she has followed-up with networking activities within the Department, Politecnico, other research institutions, and with the coordination of the project partners. She also benefited from the contacts and collaborations already active within her research section at Department level, Measurements and Experimental Techniques.

Her research group will be composed by researchers and students with a passion for technology applied to the human well-being. Their competences will range from numerical simulation to mechanical and thermal measurements, from biomedical optics to imaging elaboration, from pre-clinic research to endoscopy.

The next step will be the development of an accurate predictive model of the therapy, with the possibility to test it in laboratory through thermal monitoring.



Samas: monitoraggio real-time di velivoli un-manned

ITA

L'uso dei sistemi di pilotaggio remoto per aerei (RPAS) è al giorno d'oggi in continua crescita poiché offre la possibilità di estendere la durata dei veicoli e l'accettazione di profili di missione ad alto rischio a causa dell'assenza di un pilota.

Inoltre, l'assenza di qualsiasi limite alle prestazioni imposte per la sopravvivenza del pilota è un ulteriore aspetto di particolare interesse per le applicazioni militari. Sebbene gli RPAS siano utilizzati da molti anni in spazi aerei dedicati, un grande vantaggio deriverà dalla loro estensione di utilizzo in qualsiasi spazio aereo e in qualsiasi area di operazione.

Il loro utilizzo non sarebbe solo connesso a scopi militari, ma anche a missioni legate alla sicurezza, scientifiche e ambientali; tuttavia, l'assenza di un pilota a bordo pone nuove sfide, che devono essere affrontate attraverso la ricerca applicata.

In particolare, l'impatto con uccelli (bird strike), i fulmini, eventuali danni/inconvenienti in volo, durante il rullaggio e l'atterraggio sono solo alcune delle condizioni che vengono valutate e classificate dal pilota su un aereo con equipaggio, mentre devono poter essere automaticamente identificate attraverso un sistema intelligente di rilevamento e analisi a bordo in un RPAS. La propagazione del danno sotto carichi di fatica è un ulteriore ostacolo che aumenta i requisiti di manutenzione per tali strutture volanti.

Date queste premesse, lo sviluppo di un affidabile sistema di monitoraggio strutturale e del carico è un passaggio obbligato per garantire il funzionamento efficiente e sicuro degli RPAS.

Negli ultimi anni, un gruppo di ricerca all'interno della sezione di Costruzione di macchine e Veicoli del Dipartimento di Meccanica del Politecnico di Milano, ha collaborato con industrie e università italiane ed europee allo sviluppo di metodologie per il monitoraggio strutturale in tempo reale e prognosi di sistemi meccanici e aeronautici, con un successo riconosciuto a livello mondiale.

Nello specifico, i metodi sviluppati si basano sull'analisi, il confronto e la fusione di dati ottenuti da prove sperimentali "al vero" e di dati ottenuti da simulazioni numeriche basate sullo sviluppo di modelli di calcolo rappresentativi dei fenomeni analizzati.

Questa metodologia è stata precedentemente sperimentata e applicata a componenti strutturali semplificati nell'ambito del progetto HECTOR - Helicopter fuselage crack monitoring and prognosis through on-board sensor network (2009-2011) - un progetto coordinato dall'Agenzia Europea per la Difesa (EDA), e successivamente testato anche su componenti in scala reale all'interno del progetto ASTYANAX - Aircraft fuselage crack monitoring system and prognosis through expert on-board sensor network (2012-2015) - altro

progetto coordinato dall'Agenzia Europea per la Difesa (EDA) per lo studio, l'analisi e la diagnostica di elementi strutturali.

Le performance dei sistemi diagnostici sviluppati nell'ambito dei suddetti progetti sono state verificate e validate mediante metodi riconosciuti dall'ente normativo SAE International (Society of Automotive Engineers), come descritto nelle Aircraft Recommended Practices (ARP 6461).

Ad oggi il metodo viene applicato nel progetto SAMAS - SHM application to Remotely Piloted Aircraft Systems (2017-2020), un progetto EDA di tre anni incentrato sulla diagnosi e la prognosi delle strutture in materiale composito soggette a carichi aerodinamici e sovraccarichi dovuti agli impatti di bassa/alta velocità.

Il consorzio SAMAS comprende industrie (Leonardo SpA - IT), università (POLIMI-DMEC - IT), centri di ricerca (Air Force Institute of Technology - PL) e centri di manutenzione aeronautica (Military Air Works 1 - PL) di due nazioni, Italia e Polonia.

Il team di ricerca PoliMI-MeccPolimi è coordinatore del progetto per la sua consolidata esperienza nella ricerca sul monitoraggio strutturale e sulla previsione di danni da impatto balistico e vulnerabilità strutturale (al suo interno i Proff. M. Giglio, C. Sbarufatti e A. Manes). Il consorzio combina le competenze diversificate e complementari dei partner nei campi dell'analisi numerica, dell'implementazione

di sistemi SHM (Structural Health monitoring), della progettazione e installazione di reti di sensori e delle applicazioni industriali aeronautiche, con l'esperienza dell'utente finale nel campo militare, costituendo così un solido background per l'obiettivo del progetto.

Sfruttando le conoscenze di base del consorzio SAMAS, al fine di fornire ai ministeri della difesa italiani e polacchi strumenti con funzionalità nuove e avanzate per l'ottimizzazione delle operazioni RPAS, si propone di progettare, implementare e testare uno strumento per prevedere i carichi e identificare l'impatto e i danni occorsi in tempo reale su un veicolo aereo non presidiato.

Le tappe principali del progetto nei prossimi tre anni saranno:

- la realizzazione di un sistema di monitoraggio del carico, composto da nodi di sensori reali e virtuali, che combini in un quadro statistico unico e coerente le conoscenze da simulazione numerica della struttura e i dati acquisiti on-line a bordo velivolo. Questo sistema sarà testato a terra, in un ambiente di laboratorio, su un componente RPAS su scala reale, nonché durante test di volo.
- lo sviluppo di un sistema di monitoraggio degli impatti in grado di rilevare il verificarsi dell'impatto stesso, di caratterizzarlo (in termini di ubicazione e forza) e di stimare e verificare l'insorgenza di danni da impatto su un componente RPAS in scala reale.

ENG Samas: Real-time monitoring of un-manned aircrafts

The use of Remotely Piloted Aircraft Systems (RPAS) is nowadays growing, as they offer the possibility to extend the duration of vehicles as well as the acceptance of high-risk mission profiles, due to the absence of a pilot. Furthermore, the absence of any limit on performances imposed by the survivability of the pilot is an additional aspect, especially desired for military applications. Although RPAS have been used in segregated airspace for many years, a big advantage will result from their usage extension in the non-segregated airspace within any specified area of operations. Their utilization would not only be connected to military purposes but also to security-related, scientific and environmental missions.

However, the absence of an on-board pilot poses some new challenges that have to be addressed through applied research. In particular, bird strike, lightning strike, flight damage, and damage during taxi or landing are just few of the conditions that in general are assessed by the pilot in a manned aircraft, while they have to be identified through a smart sensing and reasoning system on board in a RPAS. Furthermore, damage propagation under fatigue loads is an additional obstacle that increases the maintenance requirements for such flying structures.

With this in mind, the development of a reliable Structural Health and Load Monitoring system is a mandatory step to guarantee the efficient and safe RPAS operation.

In recent years, a research group part of the Machine and Vehicle Design research line of the Department of Mechanical engineering of Politecnico di Milano, has worked in collaboration with Italian and European industries and universities on the development of methodologies oriented to the real-time monitoring and prognosis of mechanical and aeronautical systems, with world-wide recognised success. Specifically, the developed methods allow for the fusion of realistic data, real-time acquired during system operation, with surrogate data, off-line simulated by numerical models and used online as prior information for interpreting the real data.

This methodology has been previously applied to simplified structural components within HECTOR project - Helicopter fuselage crack monitoring and prognosis through on-board sensor network (2009-2011), a Cat. A project coordinated by the European Defence Agency (EDA), and subsequently was tested on a full-scale component within ASTYANAX project - Aircraft fuselage crack monitoring system and prognosis through expert on-board sensor network (2012-2015), a Cat. B project also coordinated by European Defence Agency, providing an evaluation of the diagnostic system performances with methods recognized in the SAE - Aircraft Recommended Practices.

To date, the method is being applied in the SAMAS project - SHM application to Remotely Piloted Aircraft Systems (2017-2020), a three-year EDA Cat. B Project focused on diagnosis and prognosis of composite structures subject to aerodynamic loads and overloads due to low/high velocity impacts.

SAMAS consortium includes companies (Leonardo S.p.A. - IT), universities (POLIMI-DMEC - IT), research centres (Air Force Institute of Technology - PL) and aircraft maintenance centers (Military Air Works 1 - PL) from Italy and Poland. The involved research team within MeccPolimi acts as project coordinator, relying on the consolidated experience in project management, structural health monitoring and prognosis and ballistic impact damage prediction and structural vulnerability of Prof. M. Giglio, Prof. C. Sbarufatti and Prof. A. Manes, respectively. The consortium combines the heterogeneous and complementary partner expertise in the fields of numerical analysis, SHM system application, sensor network design and installation, aeronautical industrial applications, with the end-user experience in the military field, thus constituting a robust background for the project target fulfilment.

Exploiting SAMAS consortium's background knowledge, with a view to providing the Italian and Polish Ministries of Defence of instruments with new and advanced functionalities for the optimisation of RPAS operations, it is proposed to design, implement and test a tool for predicting loads and identifying impact and damage occurrence in real-time on an un-manned aircraft vehicle. The following main project milestones will be targeted in the next three years:

- the realisation of a load monitoring system, composed by real and virtual sensor nodes, combining the prior knowledge from numerical simulation of the structure and the on-line data available on-board, in a unique and coherent statistical framework. This system will be tested on-ground in a laboratory environment on a full-scale RPAS component as well as during flight tests on a small scale RPAS.
- the development of an impact monitoring system able to detect the occurrence of the impact, to characterise the impact (in terms of location and force) and to estimate and verify the occurrence of impact damage. This system will be tested in a laboratory environment on a full-scale RPAS component.



SAMAS - UTSY - RT - 01

SAMAS - UTSY - RT - 02

SAMAS - UTSY - RT - 03

SAMAS - UT45 - RT - 04

SAMAS - UT45 - RT - 02

SAMAS - UT45 - RT - 03

Il progetto europeo SAMOA

ITA

MeccPolimi ha ospitato il primo incontro tecnico del progetto europeo SAMOA (Sustainable Aluminium Additive Manufacturing for high performance Applications) finanziato dall'EIT RawMaterials. SAMOA è un progetto coordinato dalla Luleå University of Technology (LTU) volto a trasformare la catena del valore e a migliorare l'efficienza della produzione di componenti in lega di alluminio, dall'atomizzazione della polvere, alla manifattura additiva, fino al riciclo del materiale, con l'obiettivo di ridurre il consumo fino al 50%. Oltre a LTU e a MeccPolimi, altri istituti di ricerca e imprese fanno parte del team SAMOA, tra cui FCA, Siemens, Fraunhofer, Gemmate Technologies, IMR Metal Powder Technologies e LTU Business. Nell'ambito di SAMOA, i ricercatori svilupperanno i processi di stampa 3D di leghe di alluminio basati su polvere e filo al fine di aumentare la loro precisione e la produttività. Sarà inoltre progettata e sviluppata una nuova lega di alluminio ad alta resistenza, adatta ad essere processata con le tecnologie additive e con un basso tenore di elementi definiti come critici dalla EU, vale a dire elementi di grande importanza per l'economia comunitaria e con alto rischio associato alla loro fornitura.

MeccPolimi è membro della KIC (Knowledge and Innovation Community) RawMaterials ed è attualmente coinvolto nei seguenti progetti di ricerca e didattica, con l'obiettivo finale di consentire la competitività sostenibile del settore europeo dei materiali promuovendo innovazione e istruzione:

- SPACEMAN (Sustainable Powders for Additive Manufacturing) mira a fornire una base tecnologica per la produzione di nuove polveri di acciaio sostenibili specificamente sviluppate per la produzione additiva, contenenti minori quantità di elementi critici ed più facilmente processabili e riutilizzabili;
- TiSPHERO (Manufacturing of spherical powders from scraps for special applications) ha lo scopo di potenziare e lanciare sul mer-

cato una tecnologia innovativa basata sull'atomizzazione al plasma di polveri sferiche. Gli scarti e i trucioli prodotti durante la fresatura meccanica di componenti in titanio saranno utilizzati come materie prime per la produzione di polvere;

- LILIAM (Lifelong Learning for Additive Manufacturing) è un progetto nato con l'obiettivo di sviluppare uno standard di formazione europeo per operatori, specialisti, ingegneri e manager nel campo della produzione additiva e di creare il primo certificato di formazione europeo in Additive Manufacturing;
- LightRight è un progetto di formazione permanente sulla progettazione di strutture leggere. Offrirà ai partecipanti l'opportunità di soddisfare le loro esigenze di formazione professionale specifica al fine di essere in grado di utilizzare i materiali leggeri in modo appropriato. Verranno organizzati corsi riguardanti i materiali compositi, acciai ad alta resistenza e leghe leggere per colmare il vuoto di offerta formativa esistente e offrire una nuova prospettiva per l'industria.



ENG

EU-funded project SAMOA

On November 7th and 8th MeccPolimi hosted the first technical meeting of the EIT RawMaterials funded innovation project SAMOA (Sustainable Aluminium Additive Manufacturing for high performance Applications), a EU project led by Luleå University of Technology (LTU) aimed at scaling up the process chain of raw aluminium alloys from material efficient powder production, energy efficient laser and arc wire Additive Manufacturing (AM), to material recycling, in order to reduce the material need of up to 50%.

In addition to LTU and the Department of Mechanical Engineering, several other companies and research institutes are member of the SAMOA team, including FCA, Siemens, Fraunhofer, Gemmate Technologies, IMR Metal Powder Technologies, and LTU Business.

In the framework of SAMOA, researchers will develop both powder- and wire-based AM processes of aluminium alloys to increase precision, build-up rates and processing speed for the production of lightweight components. In addition, a new high strength aluminium alloy with improved processability and reduced amount of critical raw materials, i.e. materials of high importance to the EU economy and of high risk associated with their supply, will be designed and developed.

MeccPolimi, as a member of the Knowledge and Innovation Community (KIC) RawMaterials, is also currently coordinating and participating to the following EIT projects, with the final goal to enable sustainable competitiveness of the European materials sector along the value chain by driving innovation and education:

- SPACEMAN (Sustainable Powders for Additive Manufacturing): aims at providing a technological basis for the production of new sustainable steel powders specifically developed for Additive Manufacturing, containing lower amounts of critical elements and being more easily processable and re-usable;
- TiSPHERO (Manufacturing of spherical powders from scraps for special applications) is aimed at upscaling and launching on the market an innovative technology based on plasma spheroidization for the production of spherical powders. Low-cost titanium scrap, i.e. chips produced during mechanical milling of titanium components, will be used as raw materials for powder production;
- LILIAM (Lifelong Learning for Additive Manufacturing) is a project with the aim to develop a European training standard for operators, specialists, engineers and managers in the field of Additive Manufacturing, and to create the first European training certificate in AM;
- LightRight is a lifelong learning project on materials for lightweight design. It will provide the opportunity for participants to formulate their needs of specific professional trainings in order to be able to treat lightweight materials in the appropriate way. Professional training courses in composites, high strength steels and lightweight metals will be provided to fill the existing training gap and offer a new perspective for industry.

Venti turbolenti e ponti a grande luce: MeccPolimi a capo del gruppo di lavoro IABSE

ITA

I ponti sospesi o strallati di grande luce sono opere di grande fascino: spingono al limite le conoscenze tecnologiche e ingegneristiche per riuscire a unire aree geografiche separate da barriere naturali come fiumi, tratti di mare o valli. Al crescere della lunghezza delle campate, l'aspetto aerodinamico diventa quello fondamentale nella progettazione e nella valutazione della realizzabilità dell'opera.

In questo settore, MeccPolimi è stato uno dei promotori del gruppo di lavoro internazionale in ambito IABSE (International Association for Bridge and Structural Engineering), gruppo che oggi il nostro Dipartimento coordina e presiede. Il panel si occupa della validazione dei codici di calcolo per la simulazione della risposta dinamica al vento turbolento dei ponti a grande luce, solitamente chiamata "risposta aeroelastica".

"TG3.1 - Super Long Span Bridge Aerodynamics" è il nome operativo di questo organismo nato nel 2016. Al suo interno siedono i principali attori nell'ambito dell'aeroelastica dei ponti, quali COWI, RWDI, ARUP, PARSONS, GREISCH, AAS-JAKOBSEN, SVEND OLE HANSEN, RAMBOLL, società di progettazione e di consulenza aerodinamica che hanno partecipato alla realizzazione dei ponti sospesi e strallati più lunghi al mondo. Al tavolo, oltre al Politecnico di Milano, sono rappresentate le università più attive nella ricerca in questo settore: NTNU (Norway), UDC (Spain), Tongji University (China), Yokohama National University (Japan), Seoul National University (Korea), Bauhaus University Weimar (Germany), University of Buffalo (US). Sono coinvolte, infine, diverse società di software commerciali dedicati allo studio della risposta aerodinamica dei ponti quali Bentley e SOFISTIK.

La larga e qualificata partecipazione è dovuta alla necessità di sviluppare, anche nel campo della aeroelastica dei ponti, una procedura di

validazione dei codici utilizzati nella progettazione di queste opere come già accade in altri settori quali la modellazione ad elementi finiti, il campo della dinamica ferroviaria, le turbine eoliche off-shore, i cavi ad alta tensione, per citare solo qualche esempio.

L'aspetto aerodinamico, così importante nella progettazione dei ponti a grande luce, viene infatti affrontato sia mediante prove sperimentali effettuate in galleria del vento che con simulazioni numeriche mediante codici di calcolo spesso sviluppati dai singoli gruppi di lavoro, e che allo stato attuale non devono sottoporsi ad alcuna procedura di validazione. Da qui nasce l'iniziativa, ospitata all'interno dello IABSE, di definire una metodologia per garantire che i codici numerici utilizzati abbiano un adeguato livello qualitativo e rappresentativo dell'effettivo comportamento aeroelastico della struttura.

Il gruppo è entrato recentemente nella fase più operativa: oltre a confronti tra i risultati numerici prodotti dai diversi partecipanti, utilizzando ciascuno il proprio codice di calcolo rispetto a un caso di riferimento condiviso, sono state realizzate delle prove sperimentali nella galleria del vento del Politecnico di Milano su un modello sezionale di impalcato, che rappresentino un riferimento di validazione dei risultati ottenuti con le simulazioni numeriche. Queste attività hanno portato, nel corso del 2019, alla pubblicazione di due articoli scientifici (Numerical Analysis of a Two-Degree-of-Freedom Bridge Deck Section Based on Analytical Aerodynamics e Numerical Analysis of a Three-Degree-of-Freedom Bridge Deck Section Based on Experimental Aerodynamics) in cui sono descritti i primi risultati dell'attività del gruppo di lavoro. MeccPolimi ospiterà a inizio 2020 tutti i partecipanti per un approfondimento scientifico sulle differenze emerse dai primi confronti tra simulazioni numeriche e risultati sperimentali.

ENG

Turbulent wind and long-span bridges: MeccPolimi leading IABSE working group

Suspension and cable-stayed bridges are fascinating structures: they push technological and engineering knowledge to the limit, in order to connect geographical areas separated by natural barriers such as rivers, sea channels or valleys. As the length of the spans increases, aerodynamics becomes the fundamental aspect in the design and evaluation of the feasibility of the structure.

In this sector, MeccPolimi was one of the promoters of the IABSE working group (International Association for Bridge and Structural Engineering), a group that is currently coordinated by our Department. The panel deals with the validation of the codes for the simulation of the dynamic response of suspended bridges to turbulent wind, usually called "aeroelastic response".

"TG3.1 - Super Long Span Bridge Aerodynamics" is the operating name of this group, born in 2016. It gathers the main actors in the field of aeroelastic bridges, such as top-level aerodynamic design and consulting companies that participated in the realization of the longest suspended and cable-stayed bridges in the world (COWI, RWDI, ARUP, PARSONS, GREISCH, AAS-JAKOBSEN, SVEND OLE HANSEN, RAMBOLL). At the table, in addition to Politecnico di Milano, we also have delegates of the most active universities in this research field: NTNU (Norway), UDC (Spain), Tongji University (China), Yokohama National University (Japan), Seoul National University (Korea), Bauhaus University Weimar (Germany), University of Buffalo (US). A number of commercial software companies dedicated to the study of the aerodynamic response of bridges, such as Bentley and SOFISTIK, are also involved. This wide and qualified participation is

due to the need of developing a validation procedure for the codes used in the design phase of aeroelastic bridges, as already happens in other sectors such as finite element modeling, railway dynamics, offshore wind turbines, high voltage cables.

The aerodynamic side, extremely relevant in the design of large-span bridges, is in fact addressed both via experimental tests, carried out in wind tunnels and by numerical simulations using calculation codes often developed by individual working groups, codes that currently do not undergo any validation procedure. Hence, the initiative of IABSE is that to define a methodology to ensure that the numerical codes will have an adequate level and will be representative of the actual aeroelastic behavior of the structure.

The group has recently entered its operating phase: in addition to comparisons between the numerical results produced by the different participants, each using its own calculation code with respect to a shared reference case, experimental tests were carried out in the wind tunnel of Polimi on a sectional deck model, which represent a validation reference for the results obtained with numerical simulations.

These activities led, during 2019, to the publication of two scientific papers in which the first results of the group were described (Numerical Analysis of a Two-Degree-of-Freedom Bridge Deck Section Based on Analytical Aerodynamics e Numerical Analysis of a Three-Degree-of-Freedom Bridge Deck Section Based on Experimental Aerodynamics). Furthermore, at the beginning of 2020 MeccPolimi will host all the participants for a scientific evaluation of the differences that emerged from the first comparisons between numerical simulations and experimental results.



La Barca Laboratorio del Dipartimento di Meccanica

ITA

In occasione della IDEA League Sailing Cup, una 3 giorni di workshop e competizioni sul lago di Como tra i team velici di rappresentanza delle università partner di IDEA League, "la Barca Laboratorio" del Politecnico di Milano è stata ormeggiata presso la Canottieri Lecco. La barca, un "Sailing Yacht Lab" (SYL), è stata progettata nell'ambito del progetto Lecco Innovation Hub, ed è un dispositivo di misurazione in scala reale nel campo della ricerca degli yacht a vela. Interamente sviluppato e gestito da un team di ricercatori del Dipartimento di Meccanica, il SYL è uno yacht a vela di 10 metri, equipaggiato con strumenti per acquisire dati sulle variabili comportamentali della barca. Finanziato da Fondazione Cariplo, mediante il bando Emblematico Maggiore del 2010 per l'omonima provincia, il Lecco Innovation Hub (LIH) è un centro dedicato di ricerca e formazione nautica che mira a favorire il trasferimento di tecnologia da e verso i settori nautico e affini, operativo presso il Polo Territoriale del Politecnico di Milano.

La capacità di predire e ottimizzare le prestazioni massime di una barca a vela da regata è di notevole importanza e garantisce - a chi la dispone - un forte vantaggio competitivo.

Questa operazione è complessa e richiede sia un'attività di modellazione numerica sia un'attività di sperimentazione. Tale attività normalmente viene fatta su modelli in scala sia in vasca navale sia in galleria del vento. La sperimentazione in scala reale è complessa e costosa soprattutto se comporta la misura delle forze scambiate tra lo scafo e l'acqua (forze resistenti) e quelle derivanti dall'azione del vento sulle vele (forze motrici).

Il SYL è stato progettato e realizzato per essere una bilancia dinamometrica capace di misurare le forze scambiate tra scafo e acqua in navigazione; solo tre sono i precedenti al mondo: al MIT (Milgram et al., 1993), al Kanazawa Institute of Technology (Masuyama e Fukasawa, 1997) e a TU Berlin (Hochkirch and Brandt, 1999).

Il cuore del sistema è un telaio in lega di alluminio all'interno dello scafo che consente di collegare le attrezzature e il piano velico a una serie di celle di carico per misurare le forze e i momenti (coppie) complessivi trasmessi dalle vele e dalle attrezzature allo scafo (bilancia dinamometrica) come indicato in Figura 1.

La Figura 2 mostra la disposizione generale delle sei celle di carico che mantengono il telaio di alluminio vincolato rispetto allo scafo in configurazione isostatica.

Rispetto al sistema di riferimento mostrato, le sei celle di carico sono disposte come segue: una cella di carico lungo la direzione X (FX), due lungo la direzione Y (FY1, FY2) e tre lungo la direzione Z (FZ1, FZ2, FZ3).

L'idea alla base della scelta della loro posizione è di essere il più vicino possibile ai carichi più elevati lungo le rispettive direzioni al fine di massimizzare la sensibilità: per esempio la cella FX è posizionata vicino alla scassa in corrispondenza della connessione tra lo scafo e la parte centrale del telaio. Inoltre, un criterio importante per il posizionamento delle celle è stata la loro accessibilità durante le operazioni di manutenzione. I carichi massimi delle celle adottate sono rispettivamente di 20 kN per FX, FY1, FY2, FZ3 e 50 kN per FZ1 e FZ2.

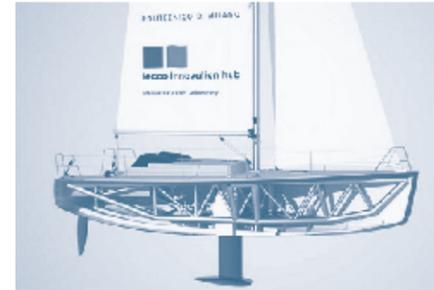


fig. 1

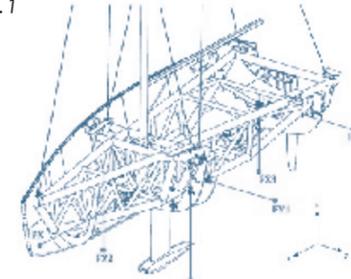


fig. 2



Il tipo di connessione delle celle di carico al telaio e allo scafo compensa ogni possibile disallineamento assiale permettendo a ogni cella mono-assiale di misurare solo le forze lungo il proprio asse di sensibilità. In parallelo ad ogni cella di carico è previsto un sistema meccanico di sicurezza in grado di mantenere la connessione tra telaio e scafo anche in caso di danneggiamento della cella di carico.

Dimensionamento del telaio

Dopo una valutazione preliminare dei carichi di progetto e delle attrezzature da posizionare sul ponte, per definire la con figurazione del telaio finale è stato eseguito un processo di progettazione iterativo multiobiettivo mediante analisi strutturale (metodo degli elementi finiti) e CAD 3D. Linee guida del processo sono stati i vincoli geometrici e la massimizzazione della resistenza strutturale.

La scelta del materiale per la struttura del telaio si è basata su criteri quali la resistenza alla corrosione, la rigidità, il peso, la saldabilità e la lavorabilità e non ultimo l'economicità.

Taratura della bilancia dinamometrica

Come detto telaio e scafo sono collegati tra di loro da 6 celle di carico, a costituire una "bilancia dinamometrica a 6 componenti". Il problema è trovare il "legame" tra la l'indicazione fornita dalle 6 celle che misurano le forze nei 6 punti di collegamento tra telaio e scafo e le forze e i momenti complessivi in direzione X, Y e Z agenti sullo scafo per effetto dell'interazione con il vento e ridotto ovvero considerati applicati al baricentro dell'imbarcazione. Ciò avviene identificando i 36 elementi di una matrice 6x6 attraverso una complessa procedura di taratura basata su processi di minimizzazione che hanno comportato l'applicazione allo scafo di forze e momenti noti mediante masse collegate ai punti di applicazione via via prescelti mediante funi. Più di 100 sono state le configurazioni di carico analizzate con barca diritta e sbandata di differenti angoli. Mediante l'uso di una "stazione totale" laser sono state misurate le rotazioni relative tra il sistema di riferimento relativo solidale con la barca e quello assoluto necessarie a "ridurre" correttamente per ogni configurazione le forze e i momenti al baricentro dell'imbarcazione.

Per quanto riguarda l'errore di misura, è stato stimato al massimo pari al 10% della lettura della misura.

Trattamento dei dati delle forze misurate per depurarli dagli effetti del peso e delle inerzie

Per correttamente determinare le forze della vela sullo scafo è necessario depurare le forze misurate dagli effetti del peso del telaio e dell'attrezzatura velica e delle azioni di inerzia degli stessi elementi associate alle accelerazioni. Conoscendo l'angolo di beccheggio e di sbandamento e identificando mediante appositi sensori le accelerazioni angolari dello yacht, nonché la conoscenza delle proprietà inerziali del telaio e dei componenti delle attrezzature, è possibile sottrarre il peso e le forze inerziali dalle misure, al fine di ottenere solo le forze aerodinamiche.

A tal fine, tutti i componenti della barca singolarmente, telaio incluso, sono stati pesati, quindi posizionati con precisione all'interno di un modello CAD dell'imbarcazione, al fine di raggiungere un livello ab-

bastanza elevato di precisione nella definizione del centro di massa complessivo.

Concept del progetto

Il progetto Sailing Yacht Lab è stato interamente sviluppato e gestito da un team di ricercatori del Dipartimento di Meccanica del Politecnico di Milano. La forma e le caratteristiche principali dello scafo devono essere tali da fornire prestazioni di navigazione adeguate e un comportamento corretto in termini di stabilità e di tenuta al mare. La scelta di utilizzare le linee di Comet 35 prodotte da COMAR YACHTS è legata anche alla disponibilità di scafo nudo in vetroresina.

Molto diverso è stato l'approccio alla progettazione strutturale. Questo è stato profondamente influenzato dalla necessità di trasformare uno yacht da crociera in un "laboratorio" e in particolare in un dinamometro utilizzando un telaio in lega leggera nel guscio dello scafo, sagomato per adattarsi alle attrezzature e alle geometrie di sartie. I rinforzi tradizionali dello scafo, sia trasversali che longitudinali, sono stati completamente riprogettati per soddisfare ai carichi dei punti di ancoraggio delle celle di carico. Anche la coperta è stata progettata ad hoc per non interferire con il telaio di alluminio e per essere sufficiente ampia per il movimento del "marinai-ricercatori" e l'installazione della strumentazione. La chiglia è rimovibile ed è possibile spostarla longitudinalmente di circa 200 mm per adattarsi ai diversi piani velici utilizzati.

STRUMENTAZIONE

Misura delle Forze

È effettuata mediante celle di carico (dinamometri) monoassiali di tipo estensimetrico condizionate su ponte di Wheastone.

Misura dell'assetto e delle condizioni di moto dello yacht

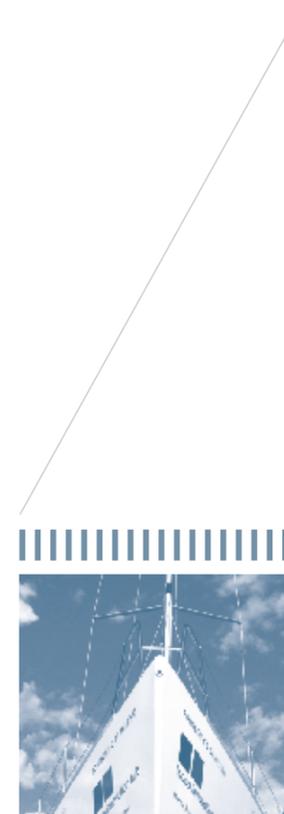
Per misurare l'assetto e la dinamica dello yacht è stato utilizzato un sistema di navigazione inerziale composto da un Attitude and Heading Reference Unit (AHRS) ed da un Global Positioning System (GPS). I sensori che costituiscono l'AHRS sono giroscopi, accelerometri e magnetometri (bussole) che permettono di definire la velocità angolare e l'accelerazione di rollio beccheggio e imbardata e il campo magnetico terrestre locale. Gli angoli di sbandamento (rollio) e di assetto (beccheggio) sono misurati anche mediante un inclinometro analogico.

Dati di navigazione

I dati di navigazione (velocità e direzione del vento, velocità della barca, profondità e rotta) sono misurati mediante sistemi tradizionali usati nella nautica.

Misura della velocità e della direzione del vento

In aggiunta al tradizionale anemometro posto in testa d'albero, un anemometro ultrasonico a tre componenti è montato all'estremità di un albero aggiuntivo posizionato a prua in modo tale da garantire che la sua posizione verticale sia considerabile indipendente dallo sbandamento della barca. Con questo strumento è possibile avere la misura delle tre componenti del vento esattamente alla quota del centro di spinta del piano velico.



Nel Sailing Yacht Lab, la distribuzione della pressione sulle vele viene effettuata da sensori di pressione MEMS (Micro Electro-Mechanical Systems), un eccellente compromesso tra dimensioni, prestazioni, costi e condizioni operative e "pad" di pressione dedicati che sono stati progettati e prodotti allo scopo di fornire la misura differenziale tra la superficie sottovento della vela e quella sopravvento.

I "pad" sono prese di pressione con a punto singolo e sono posizionati in "tasche" appositamente ricavate nella vela; i pad a loro volta sono collegati allo strumento di misura (scanner di pressione) posizionato sull'inferitura con piccoli tubi infilati in "maniche" ricavate nella vela stessa.

Misura della forma delle vele

La misura della forma delle vele è effettuata mediante "LIH TOF Flying Shape Detection System" strumento di misura di posizione brevettato del Dipartimento di Meccanica del Politecnico di Milano basato su uno scanner laser a tempo di volo (TOF, Time of Flight) in grado di fornire la reale geometria delle vele nelle tre dimensioni. Questo sistema si basa sulla tecnologia Time Of Flight (TOF) e, in particolare, è stato utilizzato un laser scanner ad elevata precisione e velocità di misurazione. Lo scanner emette un impulso laser in una determinata direzione e stima la distanza del target valutando il tempo impiegato dall'impulso per tornare al sensore. Il dispositivo è dotato di uno specchio interno che riflette l'impulso laser e che attiva l'acquisizione con un passo angolare regolare da un valore minimo di 0,1671° ad un massimo di 1°. Il suo campo di funzionamento va da 0,5 m a 80 m coprendo una settore angolare di 190° (da -5° a 180°). Sul sistema è disponibile la tecnologia a 5 echi che può essere attivata garantendo l'affidabilità delle misurazioni anche in condizioni climatiche esterne come pioggia, nebbia e polvere. Il dispositivo TOF fornisce informazioni sui punti misurati in termini di coordinate polari: per ogni punto viene fornita la distanza r e l'angolo a riferito al sistema di coordinate situato sull'asse di rotazione dello specchio interno del laser TOF.

A causa delle sue caratteristiche intrinseche, il laser scanner è in grado di misurare solo i punti che si trovano su uno stesso piano mentre in questa particolare applicazione deve essere misurata tutta la superficie della vela.

Per superare il problema, è stata sviluppata un'unità dedicata basata su un motore brushless e un ingranaggio epicicloidale per consentire la rotazione controllata del dispositivo di misurazione attorno a un asse perpendicolare all'asse di rotazione dello specchio del sistema TOF. Viene utilizzato un sensore di prossimità per identificare la posizione di scansione iniziale per ogni acquisizione di dati.

Un software dedicato è stato scritto per il controllo della movimentazione di tutto il sistema. Uscita del sistema è una "nuvola di punti" nello spazio; tale "nuvola" viene poi convertita nella rappresentazione della superficie della vela tramite appositi algoritmi di calcolo.

Misura della pressione sulle vele

Una caratteristica importante del progetto è la progettazione e la realizzazione di sistemi per misurare i carichi che agiscono sulle vele in scala reale. La possibilità di conoscere l'effettiva distribuzione delle pressioni dovute al vento sul piano velico è di grande interesse per la progettazione aerodinamica e strutturale delle vele e anche per la selezione e l'uso ottimale dei materiali e delle tecniche di produzione. Le misure delle sole pressioni potrebbe non essere sufficiente per capire come utilizzare e ottimizzare un piano velico non essendo è possibile determinare le complesse interazioni ad esempio tra la velocità del vento, quella della barca e il suo assetto.

ENG

Laboratory Boat at Department of Mechanical Engineering

During the IDEA League Sailing Cup in Lecco Campus, three days of workshops and regattas on Lake Como between the sailing teams from the partner universities of IDEA League, the "Laboratory Boat" of Politecnico di Milano was moored at Canottieri Lecco, where it will now stay for the next months. The boat is a "Sailing Yacht Lab" (SYL), designed in the framework of Lecco Innovation Hub (LIH) sited in the Lecco Campus of Politecnico di Milano, and is used for full scale measurements in the research of sailing yachts. Designed and built by a team of researchers of the Department of Mechanical Engineering, the SYL is a 10 meter sloop, equipped with instruments to measure the data in the boat. Financed by Fondazione Cariplo, through the "Emblematico Maggiore" grant for Lecco province in 2010, LIH is a research and teaching center in the nautical sector, for the technological transfer from and to the nautical sector and related industries. The prediction and the optimization of the performance of a racing sailing boat is very important and guarantees a strong competitive advantage. This operation is complex and requires both a numerical modeling activity and an experimentation activity. This activity is normally done on scale models both in towing tank and in wind tunnel. Real-scale experimentation is complex and expensive, especially if it involves the measurement of the forces exchanged between the hull and the water (resistant forces) and those deriving from the action of the wind on the sails (driving forces). The SYL has been designed and built to be a dynamometer able to measure the forces exchanged between the hull and the water in navigation; only three similar boats have been built in the world: at MIT (Milgram et al., 1993), at the Kanazawa Institute of Technology (Masuyama and Fukasawa, 1997) and at TU Berlin (Hochkirch and Brandt, 1999).

The core of the system is an aluminum alloy frame inside the hull that allows the rig and the sail plan to be connected to 6 load cells to measure the total forces and moments transmitted by the sails and the rig to the hull as shown in Figure 1.

Figure 2 - Shows the general arrangement of the six load cells which maintain the aluminum frame constrained with respect to the hull in an isostatic configuration. With respect to the reference system shown, the six load cells are arranged as follows: one load cell along the X direction (FX), two along the Y direction (FY1, FY2) and three along the Z direction (FZ1, FZ2, FZ3). The idea behind the choice of their position is to be as close as possible to the highest loads along the respective directions to maximize the sensitivity: i.e. cell FX is positioned near the deck at the connection between the hull and the central part of the frame. Furthermore, an important criterion for positioning the cells was their accessibility during maintenance operations. The maximum loads of the cells adopted are respectively 20 kN for FX, FY1, FY2, FZ3 and 50 kN for FZ1 and FZ2. The connection of the load cells between the frame and the hull compensates for any possible axial misalignment, allowing each mono-axial cell to measure only the forces along its own axis of sensitivity. In parallel to each load cell a mechanical safety system is provided that can maintain the connection between the frame and the hull even in case of damage to the load cell.

Frame design

After a preliminary assessment of the project loads and the equipment to be positioned on the deck, a multi-objective iterative design process was performed to define the final frame configuration by means of structural analysis (finite element method) and 3D CAD. The guidelines of the process were geometric constraints and the maximization of structural resistance. The choice of material for the frame structure was based on criteria such as corrosion resistance, stiffness, weight, weldability and workability and, finally, the price.

Calibration of the dynamometer

As said, the frame and the hull are connected to each other by 6 load cells, to constitute a "dynamometer balance with 6 components".

The problem is to find the link between the signal provided by the 6 cells that measure the forces in the 6 connecting points between the frame and the hull and the total forces and moments in the X, Y and Z direction acting on the hull due to the interaction with the wind and reduced to the vessel's center of gravity. This is done by identifying the 36 elements of a 6x6 matrix through a complex calibration procedure based on minimization processes that have involved the application of known forces and moments to the hull by means of masses connected to the selected application points by means of ropes. More than 100 load configurations were analyzed with straight and heeled boat. Using a laser "total station" the relative rotations between the boat relative reference system and the absolute one were measured, to "correctly" reduce for each configuration the forces and moments at the vessel's center of gravity. As far as the measurement error is concerned, it is estimated at a maximum of 10% of the measurement reading.

Data treatment of measured forces to remove the effects of weight and inertia

In order to correctly determine the forces on the sail plan, it is necessary to purify the forces measured by the effects of the weight of the elements constituting the frame and the rig and the actions of inertia of the same elements associated to accelerations. Knowing the pitch, the heel angle and measuring the angular accelerations of the yacht, as well as knowing the inertial properties of the frame and the components of the rig, it is possible to subtract the weight and the inertial forces from the measurements, to obtain only the aerodynamic forces. To this end, all the components of the boat individually, including the frame, were weighted, and positioned accurately within a CAD model of the boat, in order to achieve a fairly high level of precision in the definition of the center of mass.

Concept

The Sailing Yacht Lab project was entirely developed and managed by a team of researchers from the Department of Mechanical Engineering at Politecnico di Milano. The shape and main characteristics of the hull provide adequate navigation performance and correct behavior in terms of stability and seaworthiness. The decision to use the Comet 35 lines produced by COMAR YACHTS is also linked to the availability of fiberglass bare hulls.

ENG

The approach to structural design was very different. This has been deeply influenced by the need to transform a cruising yacht into a "laboratory" and in particular into a dynamometer using a light alloy frame to be placed inside the hull, shaped to adapt to rigging equipment and geometry. The traditional reinforcements of the hull, both transverse and longitudinal, have been completely redesigned to meet the loads of the load cell anchorage points.

Even the deck was designed to not interfere with the aluminum frame and to be large enough for the movement of the "sailors-researchers" and the installation of the instrumentation.

The keel is removable and it is possible to move it longitudinally by about 200 mm to adapt to the different sail plans used.

INSTRUMENTATION

Measurement of Forces

This is performed by means of single-axial load cells (strain gauges) conditioned on a Wheatstone bridge.

Measurement of the attitude and motion of the yacht

To measure the attitude and dynamics of the yacht an inertial navigation system consisting of an Attitude and Heading Reference Unit (AHRS) and a Global Positioning System (GPS) is used. The sensors that make up the AHRS are gyroscopes, accelerometers and magnetometers (compasses) that allow to define the angular velocity and the pitch and yaw rate acceleration and the local terrestrial magnetic field. The heeling (roll) and trim (pitch) angles are also measured by an analog inclinometer.

Navigation data

Navigation data (wind speed and direction, boat speed, depth and course) are measured using traditional systems used in boating. Wind speed and direction measurement - in addition to the traditional masthead anemometer, a three-component ultrasonic anemometer is mounted at the end of an additional shaft positioned forward to ensure that its vertical position is independent of the boat's heel. With this instrument it is possible to measure the three wind components exactly at the height of the center of effort of the sail plan.

Measurement of the sail shape

The measurement of the sail shape is carried out using the "LIH TOF Flying Shape Detection System", a measuring instrument by the Department of Mechanical Engineering of Politecnico di Milano based on a time-based laser scanner (TOF, Time of Flight) able to provide the true geometry of the sails in the three dimensions. This system is based on Time Of Flight (TOF) technology and, in particular, a high-precision laser scanner is used. The scanner emits a laser pulse in a certain direction and estimates the distance of the target by evaluating the time taken by the impulse to return to the sensor. The device is equipped with an internal mirror that reflects the laser pulse and which activates the acquisition with a regular angular pitch from a minimum value of 0.1671 ° to a maximum of 1 °. Its operating range is from 0.5 m to 80 m covering an angular sector of 190 ° (from -5 ° to 180 °). The system is available with 5 echo technology that can be activated ensuring the reliability of measurements even in outdoor weather condi-

tions such as rain, fog and dust. The TOF device provides information on the measured points in terms of polar coordinates: for each point the distance and the angle referred to the coordinate system located on the rotation axis of the internal mirror of the TOF laser. Because of its intrinsic characteristics, the laser scanner can measure only the points that are on a plane while in this application all the surface of the sail must be measured. To overcome this problem, a dedicated unit based on a brushless motor and a planetary gear has been developed to allow the controlled rotation of the measuring device around an axis perpendicular to the rotation axis of the TOF mirror. A proximity sensor is used to identify the initial scan position for each data acquisition. A dedicated software was written to control the movement of the entire system. Output of the system is a "point cloud"; this "cloud" is then converted into the representation of the sail surface using specific calculation algorithms.

Measurement of pressure on the sails

An important feature of the project is the design and construction of systems for measuring loads acting on full-size sails. The possibility of knowing the actual distribution of pressure due to the wind on the sail plan is of great interest for the aerodynamic and structural design of the sails, and also for the selection and optimal use of materials and production techniques. Measurements of the pressures alone may not be enough to understand how to use and optimize a sail plan as it is not possible to determine the complex interactions between, for example, the speed of the wind, that of the boat and its attitude.

In the Sailing Yacht Lab, the measurement of pressure distribution on sails is performed by MEMS (Micro Electro-Mechanical Systems) pressure sensors, an excellent compromise between dimensions, performance, costs and operating conditions) and dedicated pressure pads that have been designed and products for providing the differential measurement between the leeward surface of the sail and the windward one. The "pads" are pressure taps with single point and are positioned in "pockets" specially made in the sail; the pads are connected to the measuring instrument (pressure scanner) positioned on the luff with small tubes inserted into "sleeves" obtained from the sail itself.

Cracking Art e Polimi insieme per lo sviluppo dell'economia circolare

Le rane invadono il Politecnico di Milano

ITA Piccole, simbolo per eccellenza di metamorfosi e trasformazione, le rane colorate del gruppo artistico Cracking Art sono il soggetto portante del progetto Kiss the Frog. Questa installazione artistica studiata per Cultura Meccanica (vedi articolo a pag.116) ha voluto promuovere lo sviluppo di tecnologie per un'economia circolare da applicarsi nella fabbrica sostenibile del futuro.

La vendita delle mini sculture colorate ha portato un indotto di 22.500 €, che è stato interamente devoluto al sostentamento dell'attività del laboratorio interdipartimentale CIRC-eV (Circular Factory for the Electrified Vehicles of the Future). Il laboratorio mira alla progettazione e alla realizzazione di un progetto pilota per il recupero e/o la rigenerazione di batterie automotive agli ioni di Litio a fine vita, favorendo l'introduzione di nuovi modelli per la mobilità sostenibile.

Il settore automotive, caratterizzato oggi da una profonda trasformazione verso veicoli ibridi ed elettrici, apre nuove frontiere nella progettazione, che non potrà non considerare in senso compiuto la LCA - Life Cycle Assessment. Tra gli elementi di maggiore attenzione ci sono le batterie agli ioni di Litio (LiB) che sicuramente rappresen-

tano il componente più critico per funzione e costo. L'assenza di soluzioni per il trattamento post-uso di questi componenti rappresenta una barriera alla mobilità elettrica: la mission del laboratorio interdipartimentale CIRC-eV è lo sviluppo di una nuova concezione di fabbrica circolare per supportare l'industria manifatturiera nel recupero di funzioni e di valore delle LiB dismesse da veicoli elettrici e ibridi, favorendo l'introduzione di nuovi modelli di economia circolare per la mobilità sostenibile. Il laboratorio si collocherà in un'unica area all'interno del Dipartimento di Meccanica del Politecnico di Milano. Quest'area integrerà tutte le infrastrutture ad hoc acquisite, con l'obiettivo di medio termine di costituire un impianto pilota unico al mondo che integri le funzioni tipiche della fabbrica 4.0 e delle sue tecnologie abilitanti.

Nel laboratorio CIRC-eV si farà ricerca sulle tecnologie di disassemblaggio, testing, riassetto e riciclo delle LiB e su come integrarle nella stessa facility. Attraverso il laboratorio CIRC-eV, PoliMI si pone come riferimento Regionale, Nazionale ed Europeo nella tematica dell'economia circolare e della fabbrica sostenibile del futuro, in un settore strategico come la mobilità elettrica. A livello regionale il

tema è centrale nella Smart Specialization Strategy: Regione Lombardia collabora infatti con il cluster AFIL, Associazione Fabbrica Intelligente Lombardia, all'interno del progetto H2020 Screen "Synergic Circular Economy across European Regions". PoliMI come coordinatore del gruppo di lavoro AFIL sul tema Circular Economy, è riferimento scientifico nel progetto. A livello nazionale, invece, il Cluster Fabbrica Intelligente comprende un gruppo scientifico focalizzato su "strategie, metodi e strumenti per la sostenibilità", in cui il tema dell'economia circolare è centrale. PoliMI fa parte dello steering committee di questo gruppo.

A livello europeo, inoltre, il Dipartimento di Meccanica è coordinatore del progetto "FiberEUUse: Large scale demonstration of new circular economy value-chains based on the reuse of end-of-life fiber reinforced composites".

MeccPolimi coordina anche il demo-case De-and Remanufacturing for Circular Economy nell'ambito della Vanguard Initiative "New growth through smart specialisation". Tale azione propone lo sviluppo di una rete di impianti pilota per fornire servizi di dimostrazione di tecnologie per l'Economia Circolare alle aziende. La tematica è inoltre strategica nella EIT RawMaterials, in cui PoliMI è core partner.

Il laboratorio CIRC-eV è un laboratorio multidisciplinare in sinergia con altre strutture dell'Ateneo. MeccPolimi, con la Sezione di Tecnologie e Sistemi di Produzione, porterà in dote le competenze su disassemblaggio, riassetto e demanufacturing; il Dipartimento di Chimica, Materiali e Ingegneria Chimica "Giulio Natta" (DCMC) quelle relative al recupero di materiali critici dalla black mass derivante dal pre-trattamento delle celle. Il laboratorio di Indagini Metallurgiche del Dipartimento di Meccanica studierà la caratterizzazione degli elementi presenti nel materiale di recupero; l'analisi dello stato residuo delle celle Li-Ion sarà curata dal laboratorio interdipartimentale AMALA, fornito di tecnologia Micro-CT (Computer Tomography). La sezione Progetto e Disegno di Macchine MeccPolimi analizzerà la riprogettazione dei componenti delle batterie in ottica del disassemblaggio. Il laboratorio MRT Fuel Cell del Dipartimento di Energia (DENG) farà ricerca sul degrado delle LiB e sulla stima della vita utile residua insieme ai ricercatori di Computer Science del Dipartimento di Elettronica, Informazione e Bioingegneria (DEIB). La sezione di Meccanica dei Sistemi MeccPolimi, con il gruppo di Sistemi Elettrici per i Trasporti e di Motori a Combustione del DENG, studierà le modalità di uso, di ricarica e di riuso delle LiB in nuove applicazioni automotive, mentre il Dipartimento di Scienze e Tecnologie Aerospaziali (DAER) le considererà per applicazioni aeronautiche in scenari a breve e

medio termine. Il gruppo di Sistemi Elettrici per l'Energia del DENG affronterà lo studio del riuso delle LiB in applicazioni stazionarie.

Per garantire la sostenibilità economico-ambientale della fabbrica circolare, gli sviluppi tecnologici saranno integrati con ricerche nell'ambito della logistica inversa e dei nuovi modelli di business basati sul principio del prodotto-servizio, grazie ai contributi del Dipartimento di Ingegneria Gestionale (DIG) e del Dipartimento di Design, e con analisi LCA condotte dal Gruppo SESAM del DENG.



ENG **Cracking Art and Polimi together for the development of circular economy. Frogs invasion at Politecnico di Milano**

Small, symbol of metamorphosis and transformation, the colorful frogs of the artistic group Cracking Art are the main subject of the installation Kiss the Frog. Promoted by Cultura Meccanica (see article on page 116), Kiss the Frog aimed at fostering the development of technologies for a circular economy applied in the sustainable factory of the future.

The colored mini sculptures were sold and brought an overall income of € 22.500, entirely devoted to supporting the activity of the CIRC-eV interdisciplinary laboratory (Circular Factory for the Electrified Vehicles of the Future). The laboratory has the objective to launch a pilot project for the recovery and/or regeneration of end-of-life lithium ion batteries for automotive applications, supporting the introduction of new models for sustainable mobility.

The automotive sector is today characterized by a profound transformation towards hybrid and electric vehicles; this scenario opens up new frontiers in the design phase, which cannot fail to consider the LCA - Life Cycle Assessment. Among the elements of greater attention the lithium ion (LiB) batteries, which represent the most critical component for function and cost. The lack of solutions for the post-use treatment of these components represents a barrier to electric mobility: the mission of the CIRC-eV interdepartmental laboratory is the development of a new circular factory concept to support the manufacturing sector in the recovery of the LiB dismissed by electric and hybrid vehicles, favoring the introduction of new circular economy models for sustainable mobility. The laboratory will be located in a single area within the Department of Mechanical Engineering of Politecnico di Milano. This area will integrate all the specific infrastructures acquired, with the objective of establishing a pilot plant unique in the world that integrates the typical functions of the factory 4.0 and its enabling technologies.

In the CIRC-eV laboratory, research will be carried out in the areas of disassembly, testing, reassembly and recycling of the LiB and on their integration. Through the CIRC-eV laboratory, PoliMI is becoming a Regional, National and European reference in the field of circular economy and sustainable factory of the future, in a strategic sector such as electric mobility. At regional level, this is a key theme within the Smart Specialization Strategy: the Lombardy Region is collaborating with the AFIL cluster, the Intelligent Lombardy Factory Association, within the H2020 Screen project "Synergic Circular Economy across European Regions". PoliMI, as coordinator of the AFIL working group on the topic of Circular Economy, is a scientific reference in the project. At national level, the Intelligent Factory Cluster includes a scientific group focused on "strategies, methods and tools for sustainability" in which the theme of the circular economy is central. PoliMI is part of the steering committee of this group.

Furthermore, at European level, the Department of Mechanical Engineering is coordinator of the project "FiberEUUse: Large scale demonstration of new circular economy value-chains based on the reuse of end-of-life fiber reinforced composites". MeccPolimi also coordinates the De-and Remanufacturing for Circular Economy demo-case within the Vanguard Initiative "New growth through smart specialization". This action proposes the development of a network of pilot plants to provide technology demonstration services for the Economy Circulate to companies. The theme is also strategic in the EIT RawMaterials, in which PoliMI is core partner.

The CIRC-eV laboratory is a multidisciplinary laboratory, in synergy with other University facilities and expertises. MeccPolimi, with its Manufacturing and Production Systems Section, will provide skills on disassembly, reassembly and manufacturing to dowry; the Department of Chemistry, Materials and Chemical Engineering "Giulio Natta" (DCMC) will master the recovery of critical materials from the black mass deriving from the pre-treatment of the cells. The Metallurgical Investigations laboratory of the Department of Mechanical Engineering will study the characterization of the elements present in the recovered material; the analysis of the residual state of the Li-Ion cells will be carried out by the AMALA interdepartmental laboratory, equipped with Micro-CT (Computer Tomography) technology.

The MeccPolimi Machine and vehicle Design section will analyze the redesign of the battery components with a view to disassembly. The MRT Fuel Cell laboratory of the Department of Energy (DENG) will carry out research on the degradation of the LiB and on the estimate of the residual useful life together with the Computer Science researchers of the Department of Electronics, Information and Bioengineering (DEIB). The MeccPolimi Dynamics and Vibration section, with the DENG Group of Electrical Systems for Transportation and Combustion Engines, will study the use, recharging and reuse of LiB in new automotive applications, while the Department of Aerospace Science and Technology (DAER) will consider them for aeronautical applications in short and medium term scenarios. The DENG Group of Electrical Systems for Energy will address the study of the reuse of LiB in stationary applications.

To ensure the economic and environmental sustainability of the circular factory, technological developments will be integrated with research in the field of reverse logistics and new business models based on the product-service principle, thanks to contributions from the Department of Management Engineering (DIG) and of the Department of Design, and with LCA analyses conducted by the SE-NAM DENG Group.



ITA

Laboratori interdipartimentali: PSVL – Polimi Sound and Vibration Laboratory

Il laboratorio PSVL (Polimi Sound and Vibration Laboratory) è la struttura di riferimento del Politecnico di Milano nel settore della vibroacustica, dell'acustica applicata, del controllo del rumore e delle vibrazioni, dell'elaborazione dei segnali audio e dell'acustica musicale. Nato nel 2015, questo laboratorio interdipartimentale è attualmente coordinato dal Dipartimento di Meccanica (prof. Roberto Corradi), e le sue strutture sperimentali sono distribuite su diverse aree del Campus Bovisa e del Laboratorio di Acustica Musicale di Cremona. Missione del PSVL è condividere le competenze e l'esperienza dei quattro Dipartimenti coinvolti (Meccanica, Elettronica Informazione e Bioingegneria, Energia, Scienze e Tecnologie Aero-spaziali) e promuovere un approccio multidisciplinare alla ricerca. Gli interessi di ricerca del laboratorio PSVL sono focalizzati su diversi tipi di applicazioni, dall'acustica ambientale e degli edifici al comfort vibroacustico dei veicoli e degli aeromobili, dal rumore di rotolamento degli pneumatici all'acustica musicale e all'elaborazione dei segnali audio. L'attrezzatura del laboratorio comprende una camera anecoica/semi-anecoica 4m x 4m x 3m, una rendering room fono- e vibro-isolata da 8m x 5m x 3m, un laboratorio di vibroacustica multifunzionale, nonché una vasta gamma di sensori

(microfoni, accelerometri, sonde intensimetriche), un vibrometro laser, array microfonici statici e robotizzati per la mappatura delle sorgenti sonore, sistemi di acquisizione dati multicanale, un sistema di rendering Ambisonic con 17 altoparlanti ad alte prestazioni e un sistema di acquisizione dati con 64 microfoni, oltre a un sistema di registrazione audio multicanale.

Il laboratorio è coinvolto in diversi progetti di ricerca supportati da finanziamenti pubblici e privati: Pirelli Tyre, Leonardo Elicotteri ed ENI sono solo alcuni dei partner industriali dei progetti attualmente in corso.

PSVL non significa solo ricerca: le sue strutture sono utilizzate anche per la didattica di laboratorio degli insegnamenti di Laurea Magistrale di ambito sound and vibration. Inoltre, dall'anno accademico 2018-19, il Politecnico offre un nuovissimo Master of Science in Music and Acoustic Engineering, il primo programma di studio del genere in Italia. La cooperazione tra i gruppi di ricerca coinvolti nel PSVL e l'intrinseca vocazione interdisciplinare del laboratorio hanno contribuito in modo determinante alla nascita di questo nuovo corso di studi.

ENG

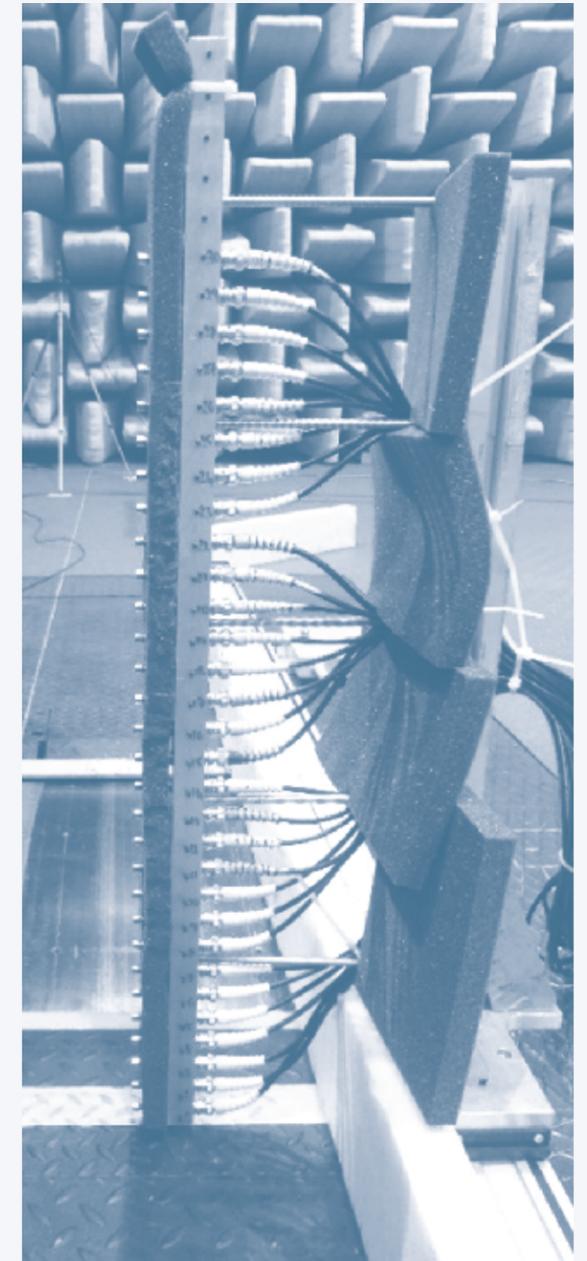
Interdepartmental labs: PSVL – Polimi Sound and Vibration Laboratory

The Polimi Sound and Vibration Laboratory (PSVL) is the reference research structure of Politecnico di Milano in the area of vibroacoustics, applied acoustics, noise and vibration control, sound processing and musical acoustics. Setup in 2015, this interdepartmental laboratory is at present coordinated by the Department of Mechanical Engineering (prof. Roberto Corradi), while the experimental facilities are distributed over different lab areas, set in the Bovisa Campus and in the Cremona Musical Acoustics Lab. The mission of PSVL is to share the competences and the experience of the four Departments involved (Mechanical Engineering, Electronics Information and Bioengineering, Energy, Aerospace Science and Technology) and to promote a multidisciplinary approach to research among the people working in it. The research interests of PSVL are focused on different kinds of applications, ranging from building and environmental acoustics to vibration and acoustic comfort of ground vehicles and aircraft, from tyre noise to musical acoustics, sound processing and 3D audio.

The equipment of the laboratory includes a 4m x 4m x 3m anechoic/semi-anechoic chamber, a 8m x 5m x 3m phono- and vibro-insulated rendering room, a multifunctional vibroacoustics lab, as well as a wide range of sensors (microphones, accelerometers, sound intensity probes), a laser vibrometer, static and robotic microphone arrays for sound source mapping, multi-channel data acquisition systems, an Ambisonic rendering system with 17 high performance speakers and a data-capture system with 64 microphones, a multi-channel audio recording system.

The laboratory is involved in several research projects supported by public or private funding: Pirelli Tyre, Leonardo Helicopters and ENI are only a few of the industrial partners of the ongoing projects.

However, PSVL is not only research: its facilities are also used for education, experimental lab activities being there attended by graduate students of a number of Polimi courses on sound and vibration. Moreover, from the Academic Year 2018-19, Polimi is offering a brand-new Master of Science in Music and Acoustic Engineering, the first study programme of the sort in Italy. The cooperation between the research groups involved in the PSVL and the intrinsic interdisciplinarity of the laboratory have played a major role in the creation of this new MSc.



Lafos: laboratorio di sensori a fibra ottica



ITA

Il Laboratorio interdipartimentale sui sensori a fibra ottica (LAFOS -Fiber Optic Sensors) del Politecnico di Milano è nato nel 2014 su iniziativa di 4 gruppi di ricerca appartenenti a 4 diversi Dipartimenti (Meccanica, Scienze e Tecnologie Aerospaziali, Elettronica Informazione e Bioingegneria, Ingegneria Civile e Ambientale). All'epoca, i quattro gruppi stavano lavorando su applicazioni molto diverse con la stessa tecnologia: sensori a fibra ottica; unirne le competenze tecniche è stata quindi una conseguenza naturale.

Oggi questo laboratorio è una risorsa fondamentale per facilitare lo sviluppo di attività in corso e in fase di progettazione all'interno di questo settore, grazie non solo all'unione sinergica di competenze diverse e molteplici gruppi di ricerca, ma anche alla nuova strumentazione acquisita negli anni. Il laboratorio è stato inizialmente coordinato dal prof. Francesco Ballio (Ingegneria Civile e Ambientale), fino al 2018, ed è attualmente supervisionato dal prof. Mario Martinelli del Dipartimento di Elettronica, Informazione e Bioingegneria. Le aree di ricerca che coinvolgono il laboratorio coprono un ampio raggio di settori scientifici e tematiche di ricerca, quali lo studio dell'integrità strutturale di strutture meccaniche e aerospaziali, l'analisi modale, il controllo delle vibrazioni, lo sviluppo di nuove tecnologie di misura e di sensori innovativi a fibra ottica, il monitoraggio di grandi strutture civili, il monitoraggio di fiumi e terreni per inondazioni e frane, il settore dei trasporti e le turbine eoliche.

La strumentazione in dotazione al laboratorio è stata pensata per rispondere a questa ampia varietà di applicazioni, che spaziano dalla necessità di misure distribuite a bassa frequenza per il monitoraggio di grandi strutture a quella di misure puntuali ad altissima frequenza necessarie, ad esempio, nelle prove di impatto. Il laboratorio dispone oggi di un sistema di misura distribuito basato su tecnologia OBR (Optical Backscatter reflectometry), diverse centraline statiche e dinamiche per sensori a fibra di Bragg (FBG), sensori interferometrici coerenti (sviluppati internamente) e un sistema di misura ad altissima frequenza basato su tecnologia FBG con Linear Attenuating Filter.

Attualmente il gruppo di ricerca LAFOS è composto da più di 20 professori, ricercatori e dottorandi distribuiti tra i quattro Dipartimenti, e vanta numerosi risultati di ricerca quali pubblicazioni scientifiche e brevetti. I docenti coinvolti nelle attività di laboratorio, inoltre, sono attivi nella supervisione di numerose tesi di laurea magistrale. Il coinvolgimento del Dipartimento di Meccanica in questo laboratorio interdipartimentale è legato primariamente ad attività di ricerca che vanno dalla fatica e analisi di impatto di strutture composite, monitoraggio di edifici storici, monitoraggio e controllo delle vibrazioni, alla misurazione dell'interazione pantografo-catenaria per i veicoli ferroviari.

ENG

LAFOS - Laboratory on Fiber Optic Sensors

The interdepartmental Laboratory on Fiber Optic Sensors (LAFOS) of Politecnico di Milano was born in 2014 from a joint idea of 4 research groups, belonging to 4 different Departments (Mechanical Engineering, Aerospace Science and Technology, Electronics Information and Bioengineering, Civil and Environmental Engineering). At the time, the four groups were working on very different applications with the same technology: optical fiber sensors; joining the technical competences was thus a natural consequence.

Today, this laboratory is a fundamental asset for accelerating and facilitating the development of current and new activities within this area, thanks not only to the merging of different competences, but also to the new instrumentation purchased over the years. The laboratory was initially coordinated by prof. Francesco Ballio (Civil and Environmental Engineering), up to 2018, and is currently supervised by prof. Mario Martinelli of the Department of Electronics, Information and Bioengineering.

The research areas of the laboratory, located in the Bovisa Campus, include a wide range of fields, such as studies of the integrity of mechanical and aerospace structures, modal analysis, vibration control, development of new optical sensing technologies and sensors, monitoring of civil structures, floods and landslide monitoring, ground transportation, wind turbines.

The instrumentation of the LAFOS laboratory employs different technologies to adapt to such a wide variety of needs, from the distributed low frequency measurements required for the monitoring of large structures, to very high point measurements required for impact analyses.

This includes a distributed Optical Backscatter Reflectometry (OBR) measurement system, Fiber Bragg Grating (FBG) interrogators, Coherent interferometric sensors (developed internally) and high-frequency FBG technology with Linear Attenuating Filter. Currently, the LAFOS research group is composed by more than 20 professors, researchers and PhD candidates, distributed among the four Departments, leading to a wide number of research outputs such as scientific publications and patents. Moreover, people and instrumentation of LAFOS have been involved in the teaching mission of Politecnico: a number of MSc theses focusing on the reported applications have been and are currently supervised by the LAFOS professors. The Department of Mechanical Engineering is specifically involved in this interdepartmental lab with research activities ranging from fatigue and impact analysis of composite structures, monitoring of historical buildings, vibration monitoring and control, to measurement of pantograph-catenary interaction for railway vehicles.

ITA

i.Drive:

Interaction between Driver, Road-infrastructure, Vehicles and Environment

Il laboratorio interdipartimentale i.Drive (Interaction between Driver, Road-Infrastructure, Vehicles and Environment) è nato nel 2014 con il coinvolgimento di tre diversi Dipartimenti del Politecnico di Milano: ABC (Dipartimento di Architettura, Ingegneria delle Costruzioni e Ambiente Costruito), DEIB (Dipartimento di Elettronica, Informazione e Bioingegneria) e DMEC (Dipartimento di Meccanica, con il coordinamento dei proff. Caruso, Bordegoni, Cheli). Il laboratorio ha come obiettivo lo sviluppo di una serie di attività di ricerca multidisciplinare in grado di fornire strumenti di validazione e verifica nel campo della progettazione dei sistemi di trasporto, della modellistica comportamentale, del design interno del veicolo, dell'urbanistica, dei sistemi di sicurezza attivi alla guida. Gli ambiti di interesse principale sono collegati al comportamento del guidatore, alla fatica e allo stress di guida, e al livello di automazione del veicolo e alle condizioni del percorso.

La particolarità del laboratorio consiste nella sinergia di due componenti fondamentali: un simulatore di guida e un veicolo reale. Entrambi i sistemi sono dotati di sensori che permettono il rilevamento dei parametri fisiologici del conducente (battito cardiaco, conduttanza cutanea, respirazione, movimenti oculari) che vengono sincronizzati ai dati provenienti dal veicolo e dall'ambiente esterno. Sul simulatore i dati del veicolo e dell'ambiente esterno possono essere estratti direttamente dalla simulazione; sul veicolo, invece, sono presenti ulteriori sensori per il monitoraggio della vettura (sensore inerziale e GPS) e per la ricostruzione dell'ambiente esterno (sistema di scansione 3D e videocamera).

Grazie al simulatore sono quindi possibili studi su larga scala, replicabili, che possono essere validati sul campo grazie al veicolo reale. Allo stesso tempo, tramite il veicolo è possibile acquisire i dati necessari alla costruzione di scenari di guida reali, nonché dati di riferimento psico-fisiologici su cui validare modelli comportamentali in modo dinamico. Gli studi condotti in questi anni nel laboratorio i.Drive hanno permesso di sviluppare e validare una metodologia che fornisce un quadro completo dello stato psicofisico del guidatore rispetto a quelle che sono le variabili in gioco durante le attività di guida manuale, assistita e autonoma e supportare le fasi di sviluppo di sistemi di assistenza alla guida sempre più sofisticati. Oggi l'attività di questo laboratorio interdipartimentale è condotta da un gruppo di ricerca composto da 10 persone tra docenti, ricercatori, dottorandi e tesisti.

ENG

i.Drive - Interaction between Driver, Road-infrastructure, Vehicles and Environment

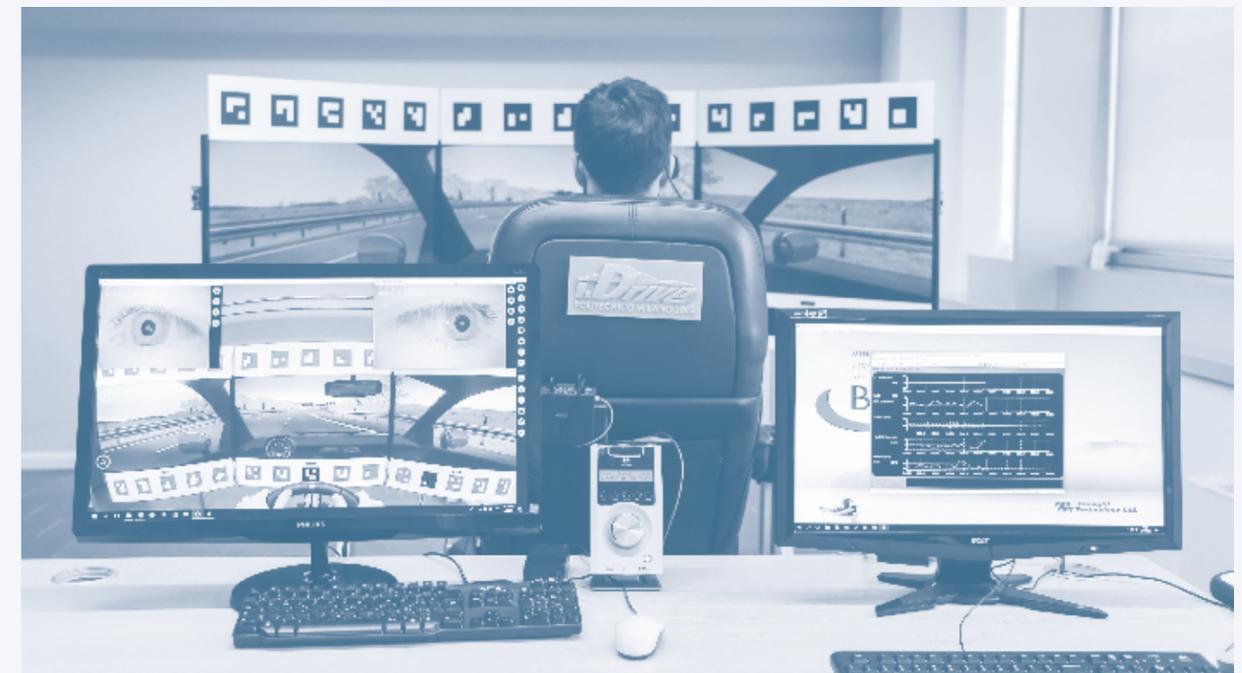
The i.Drive lab (Interaction between Driver, Road Infrastructure, Vehicle, and Environment) was launched in 2014 and currently involves three different Departments of Politecnico di Milano: ABC (Department of Architecture, Built Environment and Construction Engineering), DEIB (Department of Electronics, Information and Bioengineering) and DMEC (Department of Mechanical Engineering, namely proff. Caruso, Bordegoni, Cheli). The lab aims at developing a series of multidisciplinary research activities capable of providing analysis and validation tools in the field of transport system design, behavioral modeling, vehicle interior design, urban planning, advanced driving assistant systems. Studies of main interest are connected to the driver's behavior, fatigue and driving stress according to the level of automation of the vehicle and the driving conditions.

The lab consists of two fundamental components: a driving simulator and a real vehicle. Both systems are equipped with sensors allowing the detection of the driver's physiological parameters (heart rate, skin conductance, respiration, eye movements) that are synchronized to the data coming from the vehicle and from the external environment.

While on the simulator the vehicle data and the external environment can be extracted directly from the simulation, on the vehicle there are additional sensors for monitoring (inertial sensor and GPS) and for the reconstruction of the external environment (3D scanning system and video cameras).

By using the simulator, it is therefore possible to carry out large-scale and replicable studies that can be validated in the field thanks to the real vehicle. At the same time, through the vehicle it is possible to acquire the data necessary for the reconstruction of real driving scenarios, as well as psycho-physiological reference data on which to dynamically validate behavioral models. The studies conducted in these years in the i.Drive lab allowed developing and validating a methodology that provides a complete overview of the driver's psycho-physiological status according to the variables involved during manual, assisted and autonomous driving activities and to support the phases of development of increasingly sophisticated driver assistance systems.

A research group of 10 people (professors, research fellows, PhDs and MSc students) is currently active within this interdepartmental lab.



E4Sport: Engineering for Sport

ITA

Il laboratorio E4Sport (Engineering for Sport) è nato nel 2015 con lo scopo di consolidare collaborazioni interdipartimentali in ambito tecnologico-sportivo e di mettere a sistema competenze trasversali necessarie ad affrontare le sfide del mondo delle competizioni. Si tratta infatti della struttura di riferimento del Politecnico di Milano per atleti (amatori, professionisti, con disabilità), squadre, federazioni, aziende private e, più in generale, per tutti gli stakeholder interessati al contributo che la ricerca scientifica può dare alla pratica sportiva. Grazie alle competenze multidisciplinari del laboratorio (bioingegneristiche, meccaniche, elettroniche, chimiche, strutturali, di design e gestionali) e alle numerose tecnologie disponibili (strumentazione indoor e outdoor allo stato dell'arte e sofisticati sistemi di simulazione e analisi dei dati), E4Sport rappresenta oggi una vera e propria "fucina" di nuovi modelli di innovazione e un ponte tra ricerca e industria dello sport, in grado di analizzare richieste, progettare e rispondere a quesiti riguardanti ogni disciplina sportiva e tipologia di atleta (amatoriale, professionista, con disabilità).

L'obiettivo primario di questa struttura all'avanguardia è legato alla comprensione e al miglioramento delle prestazioni atletiche in termini di interazione tra le caratteristiche biomeccaniche e fisiologiche dell'atleta, l'attrezzatura e l'ambiente nel quale il gesto sportivo viene sviluppato. Gli interessi di ricerca sono focalizzati su diversi tipi di applicazioni, quali ad esempio l'identificazione di una "carta d'iden-

tità" dell'atleta, la valutazione della predisposizione e del talento dei più giovani, l'ottimizzazione delle tecniche di allenamento, la misura della prestazione, gli aspetti legati alla sicurezza, l'interazione atleta-attrezzo-ambienti, l'ottimizzazione della costruzione e dei materiali dell'attrezzo utile al gesto sportivo, la definizione di un database longitudinale per valutare il rapporto costo-efficacia delle strategie.

E4Sport è attualmente coinvolto in progetti di ricerca che abbracciano diverse aree tematiche. A titolo di esempio si citano tre progetti:

- il primo si focalizza sullo sport come leva all'inclusione sociale e si pone come obiettivo l'utilizzo della tecnologia come potente leva per l'integrazione di soggetti fisicamente svantaggiati o diversamente abili;
- il secondo ha come obiettivo la diffusione della tecnologia come strumento di supporto per gli allenatori nell'educazione di bambini su tre diverse aree: il benessere, il movimento e il comportamento nei confronti del prossimo durante la pratica sportiva;
- il terzo vuole studiare il club sportivo come potenziale motore economico del territorio.

A distanza di quasi 5 anni dal suo avvio, E4Sport vanta oggi numerose partnership consolidate con federazioni (FIN, FIV, FIS, FIS, FIC e FIDAL), istituzioni (CONI, Università degli Studi di Cagliari, Università di Bologna, Università degli Studi di Milano) e aziende private di settore (Mondo, Assos, Colmar, Colnago, Sportful, Met).

ENG

E4Sport: Engineering for Sport

E4Sport (Engineering for Sport) laboratory was born in 2015 with the aim of consolidating interdepartmental collaborations in the field of sport linked to technology, and to gather and make available all transversal skills needed to face the challenges of sport competitions. The lab represents today the reference structure of Politecnico di Milano for athletes (amateurs, professionals, with disabilities), teams, federations, private companies and, more generally, for all stakeholders interested in the contribution that scientific research can yield to sports.

Thanks to the multidisciplinary of the laboratory (ranging from bio-engineering, mechanical, electronic, chemical, to structural, design and management skills) and to the technologies available (state-of-the-art indoor and outdoor instruments and sophisticated simulation and data analysis systems), E4Sport represents today a real "forge" of new models of innovation and a bridge between research and the sports industry. Within this scenario, the lab is able to analyze requests, design processes, and respond to questions regarding sports and different typologies of athletes.

The primary objective of this avant-garde structure is linked to the understanding and improvement of athletic performance in terms of interaction between the biomechanical and physiological characteristics of the athlete, the equipment and the environment in which the sporting gesture is developed. The research interests are

focused on different types of applications, such as the identification of an "identity card" of the athlete, the assessment of the talent of the youngest, the optimization of training techniques and the performance measurement. Safety aspects, athlete-equipment-environment interaction, optimization of the equipment, definition of a longitudinal database to evaluate the cost-effectiveness of strategies are also taken into account.

E4Sport is currently involved in research projects that range across several thematic areas, such as:

- sport and technology as levers to social inclusion and integration of physically disadvantaged or disabled persons;
- the spread of technology as a support tool for coaches in the education of children in three different areas: well-being, movement and fair-play towards others during sports;
- an insight on sports clubs as a potential economic engine for the territory.

Almost 5 years after its launch, E4Sport now boasts a number of consolidated partnerships with federations (FIN, FIV, FIS, FIS, FIC and FIDAL), institutions (CONI, University of Cagliari, University of Bologna, University of Milan) and private companies of the sector (Mondo, Assos, Colmar, Colnago, Sportful, Met).

Sistema di visione ad alta velocità per la caratterizzazione dinamica di sensori stampati in 3D

ITA Le tecnologie afferenti al settore dell'Additive Manufacturing permettono di creare un'ampia gamma di geometrie anche per singoli prototipi, rendendo così possibile lo sviluppo di sensori stampati in 3D, ottimizzando le caratteristiche dei dispositivi di rilevamento a seconda delle specifiche applicazioni. La caratterizzazione dinamica di tali sensori è un aspetto chiave, in particolare per le applicazioni dove la deformazione interna del sensore è utilizzata per trasdurre la quantità di interesse.

Il gruppo di ricerca del Dipartimento di Meccanica, in collaborazione con i colleghi del Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale, ha sviluppato un sistema di misurazione 3D basato su una singola telecamera ad alta velocità per caratterizzare il comportamento dinamico di prototipi di accelerometri stampati in 3D. La tecnica di misurazione proposta è fondata sulla valutazione della posizione: un metodo basato sulla visione che permette di recuperare la posizione e l'orientamento di una geometria target nota, attraverso una singola telecamera.

La risposta dinamica dei prototipi stampati in 3D è stata analizzata con impulsi ed eccitazioni casuali.

I risultati sperimentali hanno provato che la tecnica di misurazione sviluppata è adatta per effettuare test su questo tipo di sensori, poiché permette di recuperare il comportamento dinamico completo della struttura stampata in 3D, senza alcun effetto di carico, essendo un approccio totalmente privo di contatto.

L'attività di ricerca è sviluppata all'interno del contesto del laboratorio interdipartimentale MEMS&3D-LAB del Politecnico di Milano, in collaborazione con i Dipartimenti di Elettronica Informazione e Bioingegneria e Chimica Materiali e Ingegneria Chimica "Giulio Natta". Le strutture dei laboratori sono distribuite tra i Campus di Bovisa e Leonardo.

ENG High speed vision system for the dynamic characterization of 3D printed sensors

Additive Manufacturing technologies allow to create a wide variety of geometries even for single prototypes, permitting to develop 3D printed sensors, optimizing the characteristics of the sensing device to the need of each specific application. The dynamic characterization of these sensors is a key point, in particular for the applications where internal deformation of the sensor is used to transduce the quantity of interest.

The research group of the Department of Mechanical Engineering, in cooperation with colleagues of the Department of Civil and Environmental Engineering, developed a 3D measuring system based on a single high-speed camera to characterize the dynamic behavior of 3D printed accelerometer prototypes. The proposed measuring technique is based on the pose estimation: a vision-based method that allows to recover the position and orientation of a target of known geometry, by means of a single camera. The dynamic response of the 3D printed prototypes is analyzed with impulse and random excitation.

Experimental results proved that the developed measuring technique is suitable for the test of this type of sensors, since it allows to recover the full dynamic behavior of the 3D printed structure, without any loading effect since it is a fully contactless approach.

This research activity is carried out within the framework of the interdepartmental laboratory MEMS&3D-LAB of Politecnico di Milano, with the collaboration of the Departments of Electronics, Information and Bioengineering and Chemistry, Materials and Chemical Engineering "Giulio Natta". Lab facilities are distributed in Bovisa and Leonardo Campuses.

FUNTASMA Functional Sintered Materials

ITA Il laboratorio Interdipartimentale Funtasma (Functional Sintered Materials) è nato nel 2017 grazie alla collaborazione tra il Dipartimento di Meccanica, il Dipartimento di Chimica, Materiali e Ingegneria Chimica "Giulio Natta", il Dipartimento di Architettura e Studi Urbani, il Dipartimento di Architettura, Ingegneria delle Costruzioni e Ambiente Costruito, e il Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale. Coordinato dalla Prof.ssa Nora Lecis, il laboratorio ospita la prima macchina in Italia per la stampa 3D con tecnologia Binder Jetting a letto di polvere per materiali metallici e ceramici. La stampante "Innovent +" di ExOne consente di realizzare prototipi utilizzando diversi materiali non stampabili con le tecnologie di Additive Manufacturing più consolidate come il Selective Laser Melting (SLM) o l'Electron Beam Melting (EBM) e si inserisce perfettamente nell'ampio panorama di tecnologie additive presenti oggi presso il Dipartimento di Meccanica del Politecnico di Milano. Attraverso il Binder Jetting il prototipo viene fabbricato "a freddo", utilizzando un legante liquido come collante delle particelle di polvere. L'oggetto così ottenuto raggiunge la piena densificazione e le proprietà microstrutturali e meccaniche in una seconda fase di sinterizzazione in forno in atmosfera controllata.

La presenza di due fasi distinte nel processo di realizzazione del componente (stampa e consolidamento tramite sinterizzazione) rende necessario un approccio multidisciplinare che unisca l'aspetto modellistico multiscale a quello sperimentale al fine di ottenere materiali funzionali innovativi. Il laboratorio, aggregando le diverse competenze presenti in Ateneo, si propone quindi come riferimento sul territorio nazionale per la tecnologia Binder Jetting per le aziende che volessero verificarne le potenzialità e valutarne le possibili applicazioni alle proprie linee di sviluppo.

Dal settembre 2019 Funtasma fa parte della rete dei centri di ricerca europei della "European Binder Jet User Group" (che coinvolge, tra gli altri, Fraunhofer IFAM - Germania, TecNALIA - Spagna e Cetim - Francia) offrendo quindi una visibilità internazionale ai partner industriali dei progetti di ricerca ospitati al suo interno.

ENG FUNTASMA - Functional Sintered Materials

The Funtasma Interdepartmental Laboratory (Functional Sintered Materials) was born in 2017 thanks to the collaboration between the Departments of Mechanical Engineering, Chemistry, Materials and Chemical Engineering "Giulio Natta", Architecture and Urban Studies, Civil and Environmental Engineering, and Architecture, Build Environment and Construction Engineering.

Coordinated by Prof. Nora Lecis, the laboratory includes the first machine in Italy for 3D printing with powder bed Binder Jetting technology for metallic and ceramic materials. The ExOne "Innovent +" printer allows prototypes to be made using different non-printable materials with more established Additive Manufacturing technologies such as Selective Laser Melting (SLM) or Electron Beam Melting (EBM) and fits perfectly into the wide panorama of additive technologies available today at MeccPolimi. Through the Binder Jetting the component is cold printed using a liquid binder as glue for powder particles. The object thus obtained reaches full densification and microstructural and mechanical properties in a sintering second phase in a controlled atmosphere furnace.

In order to obtain the final component, it is necessary to adopt a multidisciplinary approach that combines the multiscale modeling aspect with the experimental one, in order to obtain innovative functional materials. The laboratory, combining the different skills available today at Politecnico di Milano, stands out as a national reference for Binder Jetting technology for all stakeholders interested in verifying their potential and evaluate their possible internal applications.

Since September 2019 Funtasma is part of the network of European research centers of the "European Binder Jet User Group" (which involves, among others, Fraunhofer IFAM - Germany, TecNALIA - Spain and Cetim - France) thus offering international visibility to the partners of the research projects hosted within the lab itself.

AddMe.Lab: un laboratorio all'avanguardia per l'Additive Manufacturing

AddMe.Lab è il laboratorio di Additive Manufacturing nato a fine 2014 nel Dipartimento di Meccanica del Politecnico di Milano, grazie a fondi di autofinanziamento del Dipartimento e dei gruppi di ricerca coinvolti, al supporto di industrie private (BLM Group, Marposs Italia, MasperoTech, Sapio, Titalia), e con il contributo di Regione Lombardia. AddMe.Lab nasce con l'idea di stimolare la generazione di idee grazie alla collaborazione tra i diversi gruppi di ricerca interessati all'Additive Manufacturing all'interno del Dipartimento (dalla progettazione del prodotto, ai materiali, alle tecnologie di processo), in sinergia con gli studenti, i colleghi, il tessuto industriale e i professionisti del settore, per creare un centro di sperimentazione, studio e creazione di nuovi concept per la fabbricazione additiva con focus principale su componenti ad alte prestazioni funzionali, principalmente in materiale metallico, per applicazioni in diversi settori industriali (e.g., meccanica, biomedicale, aerospazio, oil & gas, design industriale). L'obiettivo è quello di mettere a sistema una fitta e ampia rete di conoscenze, professionalità e capacità sperimentali, grazie anche alla disponibilità delle competenze e delle attrezzature già presenti all'interno dei laboratori del Dipartimento di Meccanica.

La fabbricazione additiva dei materiali metallici, ceramici e compositi

La fabbricazione additiva si riferisce a tutte le tecnologie che consentono di ottenere prodotti di geometria complessa e con elevate prestazioni funzionali, grazie alla deposizione successiva e quindi "additiva" di strati successivi di materiale, al contrario della fabbricazione sottrattiva che riguarda le tradizionali lavorazioni alle macchine utensili. I processi additivi possono riguardare materiali metallici, ceramici e compositi, e sono principalmente legati alla deposizione a letto di polvere e alla deposizione diretta: i processi di deposizione a letto di polvere si basano sulla fusione localizzata di strati successivi di polvere mediante un fascio laser oppure di elettroni, in modo

da creare un volume tridimensionale. Il processo viene svolto all'interno di una camera di dimensioni relativamente contenute in atmosfera controllata, con immissione di gas inerte oppure sotto vuoto nel caso di un fascio d'elettroni come sorgente d'energia. I processi di deposizione diretta, invece, prendono origine da tecniche relativamente consolidate per produrre rivestimenti superficiali, ma sono oggi in grado di realizzare oggetti tridimensionali con spessori rilevanti, pareti estese o volumi pieni sfruttando la fusione di polvere metallica oppure di un filo metallico attraverso un fascio laser focalizzato o un fascio di elettroni. Molte delle applicazioni basate su deposizione diretta sono adatte a sviluppare oggetti di grandi dimensioni e multi-materiale, e ben si prestano ad integrarsi con altri processi (ad esempio per asportazione) in soluzioni "ibride".

Accanto a queste tecnologie si stanno sviluppando ulteriori soluzioni con tecnologie Binder Jetting o Extrusion Based AM, che utilizzano leganti polimerici insieme a polvere metallica o ceramica per ottenere oggetti "verdi" anche con polveri difficilmente processabili mediante altre tecniche. I prodotti così ottenuti vengono successivamente sottoposti a trattamenti di debinding e sintering al fine di ottenere componenti a piena densità. Il principale obiettivo di questi processi "alternativi" è la stampa di materiali difficili e/o la riduzione del costo del prodotto stampato.

I processi e i sistemi di AddMe.Lab

Le tecnologie additive offrono molteplici benefici: una maggiore libertà di design rispetto ai processi tradizionali; l'alleggerimento delle strutture, reso possibile dall'uso di strutture trabecolari e dall'uso di parti a sezione variabile; la possibilità di adottare design bio-ispirati, spesso adatti a protesi e applicazioni biomedicali; la possibilità di implementare canali interni a geometria complessa per migliorare l'efficienza termica o di ridurre il numero di componenti

e quindi ridurre o eliminare l'assemblaggio; la capacità di fabbricazione net-shape, con minimo scarto di materiale rispetto alle lavorazioni sottrattive; la produzione senza la necessità di stampi o altre attrezzature; i cicli di produzione (dal design alla parte finita) molto rapidi, ove la complessità geometrica influenza in misura marginale i tempi e i costi di fabbricazione. Le tecnologie additive consentono quindi personalizzazione e sostenibilità, attraverso il lightweight design e la riduzione del numero di componenti.

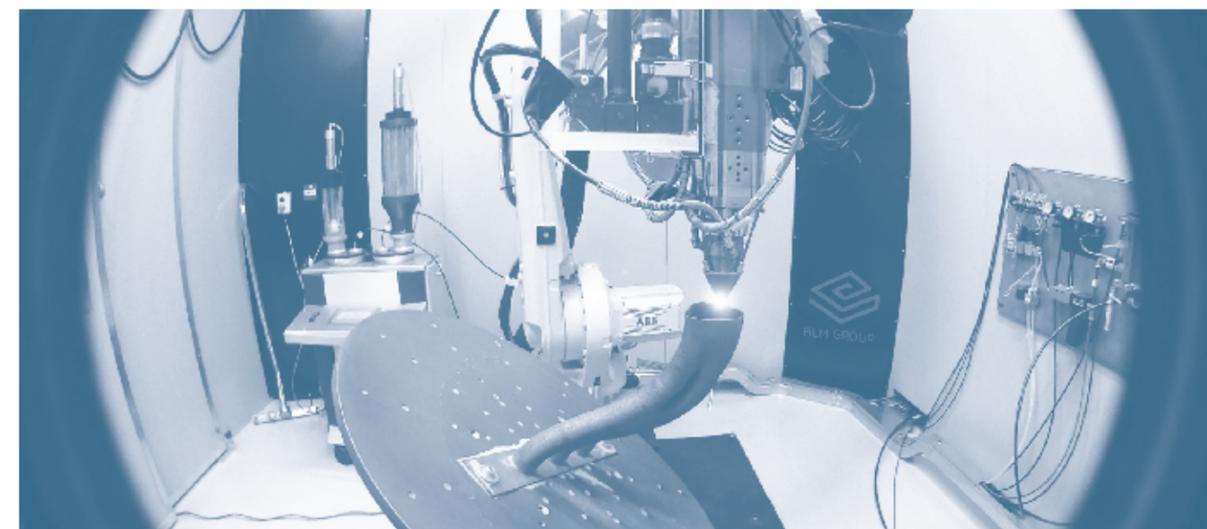
In origine, il laboratorio AddMe.Lab nasce con un primo sistema di fusione selettiva laser a letto di polvere, Renishaw AM250. In breve tempo, lo stimolo verso nuove attività di ricerca, la collaborazione con ulteriori aziende e centri di ricerca ha prodotto come effetto l'ampliarsi dei campi di interesse e l'acquisizione di ulteriori attrezzature, anche attraverso iniziative interdipartimentali.

Attualmente sono presenti diversi sistemi di fusione laser a letto di polvere (Laser Powder Bed Fusion); i sistemi Renishaw AM250 e Trumpf TruPrint 3000 rappresentano le soluzioni industriali allo stato dell'arte che incorporano, rispettivamente, laser in fibra a modalità impulsata e continua. La Renishaw AM250 è dotata di un laser da 200 W e un volume di lavoro 250x250x300 mm³. La macchina può operare anche con un sistema di riduzione della camera di lavoro in grado di lavorare con quantità di polvere molto ridotte, anche di materiali non standard. La Trumpf TruPrint 3000 è dotata di laser da 400 W e un volume di lavoro cilindrico con 300 mm di diametro e 400 mm di profondità e di un sistema di gestione polveri avanzato. Oltre ai sistemi industriali, sono stati sviluppati diversi sistemi prototipali brevettati in grado di eseguire produzione di campioni multi-materiale, preriscaldamento ad elevata temperatura, e con sistemi avanzati di

monitoraggio in-linea e rimozione dei difetti. Tra questi, il nuovo sistema "Penelope" consente l'identificazione in tempo reale di difetti con tecniche di big-data analytics e machine learning, con rimozione in-situ e in-line del difetto individuato.

Grazie al finanziamento ottenuto come "Dipartimento di Eccellenza" LIS4.0 (vedi articolo pp.65-69), il Dipartimento ha ampliato il parco macchine con un ulteriore sistema laser a letto di polvere di 3D New Technologies. Questo sistema è completamente "aperto", altamente sensorizzato e con capacità di ottenere temperature di preriscaldamento del letto di polvere molto elevate. Con questo sistema si studieranno nuove soluzioni per la stampa di materiali difficili a geometria complessa, anche grazie all'integrazione del flusso di informazioni (immagini, video, segnali) che affiancano in tempo reale il processo di stampa, per identificare e prevedere l'insorgenza dei difetti e studiare soluzioni di controllo in anello chiuso.

Il laboratorio è anche provvisto di un sistema di fusione selettiva a fascio di elettroni (Electron Beam Melting) Arcam A2, acquisito nell'ambito della collaborazione tra il Dipartimento di Meccanica, il Dipartimento di Scienze e Tecnologie Aerospaziali e il Dipartimento di Chimica, Materiali e Ingegneria Chimica "Giulio Natta". Il sistema Arcam A2 è un sistema con elevata flessibilità in termini di temperatura di pre-riscaldamento (fino a 1200 °C circa), con un volume di 210 x 210 x 350 mm³ e potenza massima del fascio d'elettroni di 3500 W. L'elevata velocità di scansione (fino a 8000 m/s) garantisce un'elevata produttività, mentre la fase di pre-riscaldamento ad alte temperature, con conseguente pre-sinterizzazione della polvere, permette di produrre materiali difficili da processare con altri processi (e.g., leghe inter-metalliche con comportamento fragile) sfruttando in



modo efficiente l'intero volume di lavoro. Il sistema BLM ADDITUBE è costituito da un'unità di deposizione in cui la testa di deposizione è movimentata da un robot antropomorfo mentre il pezzo in costruzione può essere alloggiato su una tavola fissa o su una tavola rotante e basculante. La testa di deposizione KUKA Reis, dotata di ugello coassiale per l'adduzione della polvere, è anche munita di pirometro per il controllo della temperatura e di sistema di visione coassiale per il monitoraggio della pozza fusa. Completa il sistema un adduttore di polvere GTV GmbH a due cilindri per la realizzazione di deposizione multimateriali e multi-graded. Il sistema di movimentazione consiste in un braccio antropomorfo (ABB) a sei assi che, con l'aggiunta dei due assi della tavola rotante basculante, permette la deposizione di geometrie complesse. Il Sistema Binder Jet Innovent di ExOne è uno dei primi esemplari disponibili in Italia basati su questa tecnologia. Con essa è possibile processare materiali che sono considerati come critici o meno adatti per il laser, quali metalli refrattari, metalli duri contenenti carburi, rame ed altri, oltre naturalmente ai metalli strutturali più convenzionali. È rilevante per questo sistema la possibilità di produrre parti con dettagli geometrici anche molto fini e l'importanza di mettere a punto atmosfere adatte e cicli di sinterizzazione per ottenere componenti con caratteristiche meccaniche ottimali.

Con lo stesso obiettivo, nel 2014 il Dipartimento di Meccanica ha ideato un sistema a estrusione (noto anche come "Extrusion Based AM"), denominato "Efesto" (poi brevettato nel 2016), per la stampa 3D di materiali metallici e ceramici tramite estrusione di una miscela di polvere e binder sotto forma di pellet. La tecnologia di deposizione è molto versatile rispetto ai materiali utilizzabili, consente una semplice interazione con fasi "ibride" di lavorazione per sottrazione e prevede delle fasi di post-processing termico. Inoltre, grazie all'utilizzo di pellet, eredita know-how e materiali dal processo MIM (Metal Injection Moulding). Nel 2019, ancora nell'ambito del progetto legato ai Dipartimenti di Eccellenza, è stato installato uno dei primi sistemi Desktop Metal in Europa, il sistema Studio System +, per la stampa 3D di materiali che vanno dai più comuni metalli per processi di produzione additiva a materiali innovativi, come per esempio il rame a basso costo. Completa il parco macchine un sistema a robot collaboranti per la realizzazione di strutture free-form di grandi dimensioni, attraverso un sistema a estrusione/poltrusione per la realizzazione di oggetti in materiale composito a fibra lunga con matrice sia termoplastica sia termoindurente.

Per riuscire ad avere uno sguardo completo sull'Additive Manufacturing, il laboratorio ha anche investito in sistemi innovativi per la caratterizzazione delle polveri in ingresso, sia relativamente alla analisi granulometrica e morfologica (Malvern Morphologi G3), sia per la caratterizzazione reologica (FT4 Freeman Technology). Questi sistemi hanno lo scopo di studiare come le proprietà della polvere si modificano durante il loro ciclo di vita (a seguito della fase di riciclo) e di capire quali proprietà siano fondamentali per la qualità del pezzo finale. Infine, la caratterizzazione non distruttiva dei componenti stampati è effettuata tramite micro tomografia computerizzata

(North Star Imaging X25), che permette di individuare difetti interni al pezzo con una risoluzione micrometrica (risoluzione nominale 1 µm).

Dalla progettazione al prodotto: la ricerca dentro l'AddMe.Lab

All'interno di AddMe.Lab si conducono ricerche in diversi ambiti per rispondere alle esigenze del mercato unendo gli aspetti di materiale, processo, design e qualifica dei prodotti realizzati.

Il settore della ricerca sui nuovi materiali per Additive Manufacturing è estremamente vivace e dinamico: si tratta infatti di processi molto diversi da quelli manifatturieri tradizionali, legati a una continua richiesta di nuove leghe ottimizzate per i diversi processi di fabbricazione additiva, per fornire migliori caratteristiche finali, ma anche consentire condizioni di processo più robuste e senza difetti. In aggiunta, si aprono nuove frontiere per la progettazione di componenti multi-materiale creati dall'abbinamento di più materiali/leghe con composizione che varia da zona a zona in funzione delle necessità di impiego, così come di strutture trabecolari ("lattice" 3D) per l'alleggerimento delle strutture.

Grande interesse è inoltre dato allo studio delle polveri (morfologia, chimica, proprietà), per approfondire tematiche di caratterizzazione del materiale in ingresso e studiare nuove soluzioni per il riciclo delle polveri, in ottica di riduzione dei difetti e di massimizzazione della sostenibilità del processo.

Un ulteriore ambito di ricerca mira a risolvere i problemi legati alla processabilità di nuovi materiali lavorati con le diverse tecnologie additive, l'ottimizzazione dei parametri di processo, e lo sviluppo di architetture di macchine innovative. Sono coinvolte tecniche sperimentali e di modellazione sia per la soluzione dei problemi di fattibilità sia per la comprensione di base dei fenomeni fisici.

Uno dei temi di ricerca consiste nella caratterizzazione delle difettosità tipiche dei processi additivi e nello sviluppo di soluzioni "zero defect 4.0" orientate alla riduzione dei difetti e al miglioramento delle prestazioni dei processi additivi (risoluzione, accuratezza, ripetibilità, complessità geometrica) grazie all'utilizzo del flusso di dati (immagini, video e segnali) acquisiti in tempo reale durante il processo di stampa. Vengono studiate e sviluppate soluzioni innovative per la completa digitalizzazione del processo in ottica Industria 4.0, come il monitoraggio in-linea del processo sulla base di dati acquisiti da sensori in-situ (immagini/video ad alta risoluzione temporale/spaziale nel visibile e nell'infrarosso, etc.), in grado di identificare in modo rapido e robusto l'insorgere di difetti ed errori di processo. Vengono inoltre studiati nuovi metodi per l'analisi e il controllo della qualità di prodotti dalle geometrie e strutture complesse tipiche dei processi additivi.

La possibilità di realizzare componenti caratterizzati da un'elevata complessità geometrica e funzionale e a differenti livelli di scala sta offrendo sempre nuovi stimoli progettuali nei più svariati ambiti industriali. Lo sviluppo di strutture reticolari multifunzionali e di soluzioni altamente personalizzate rappresentano solo alcune delle possibilità progettuali offerte dalle tecnologie additive. Per poter

però sfruttare pienamente tali possibilità è necessario compiere una significativa evoluzione del paradigma progettuale: un effettivo ed efficace Design for Additive Manufacturing, infatti, richiede un rinnovamento ed un'evoluzione tanto dei metodi quanto degli strumenti progettuali.

Il mondo della ricerca che opera nel contesto del Design for Additive Manufacturing si propone quindi sia di sviluppare soluzioni innovative che consentano di sfruttare appieno le potenzialità delle tecnologie additive, sia di supportare il progettista nel gestire ed utilizzare a proprio vantaggio tali possibilità. In una prospettiva più generale, scopo ultimo è quello di contribuire allo sviluppo ed all'utilizzo ottimale di tutti gli strumenti e le tecnologie (sia hardware, sia software) che ruotano attorno al mondo dell'Additive Manufacturing al fine di

riuscire a trarne i maggiori benefici.

Le attività sono rivolte anche ai metodi per la stima dell'integrità strutturale (resistenza statica, a fatica ed a frattura) per un'adeguata valutazione delle prestazioni del componente in relazione al processo e per adeguare gli usuali metodi di progettazione. In quest'ambito si è sviluppato un innovativo modello di calcolo probabilistico, cui si affianca lo sviluppo di metodologie di calcolo per le proprietà dei metamateriali (strutture micro-reticolari e cellulari).

AddMe.Lab: a state-of-the-art Additive Manufacturing laboratory

AddMe.Lab is the Additive Manufacturing laboratory established in 2014 at the Department of Mechanical Engineering of Politecnico di Milano. The laboratory was funded with the contribution of different research groups of the Department, Regione Lombardia, and the support of leading Italian companies: BLM Group, Marposs Italia, Fonderie Maspero, Sapio, and Titalia.

AddMe.Lab was born with the idea of stimulating the collaboration and the generation of ideas among the different research groups active in the Department specialized in product design, materials, process technologies, as well as with students and professionals of the sector and the regional industrial scene. The result is a unique center for experimentation, creation of new process concepts and implementation of metal Additive Manufacturing techniques for different sectors such as mechanical engineering, biomedicine, aerospace, oil & gas, and industrial design. AddMe.Lab aims to set up and maintain a dense and wide network of knowledge and skills with the aid of various competences and equipment present in the laboratories of the Department of Mechanical Engineering.

Additive Manufacturing processes for metals, ceramics, and composites

Additive Manufacturing refers to all the technologies that allow to obtain 3D products of complex geometry and with high functional performances thanks to deposition in a layer-by-layer fashion, as opposed to the subtractive fabrication that involves traditional machining processes. The main processes suitable for metallic and ceramic materials are manifold, mainly related to the deposition in a powder bed and to direct deposition.

The powder bed fusion (PBF) processes are instead based on layer-by-layer melting of powder using a laser or an electron beam as energy source, in order to create a three-dimensional objects. The process is carried out inside a chamber of relatively small dimensions under an inert gas atmosphere in the case of a laser-based process, or under vacuum in the case of the electron beam-based process.

The directed energy deposition (DED) processes originate from relatively consolidated surface coating techniques. Today these processes have been modified to achieve 3D objects commonly for thin-walled or solid parts. The DED processes are found to be more suitable for large parts owing to the fact that new volumes are deposited through the melting of powder or wire feedstocks. In AddMe.Lab, laser-based DED processes are developed using powder and wire feedstocks for laser metal deposition and laser metal wire deposition techniques. Alongside these technologies, which can now be considered almost as standard, more recently binder jetting or extrusion based AM techniques are being developed that use polymeric binders together with metal or ceramic powder. A green part is obtained at the end of the deposition stage, which is then subjected to debinding and sintering treatments in order to obtain fully dense components. The main aim of these alternative processes is to process difficult materials and the reduction of the processing costs.

AddMe.Lab processes and systems

The main benefits offered by Additive Manufacturing technologies can be summarized as the greater freedom of design, the use of lightweight structures using lattices and variable sections, the possibility to use bio-inspired designs, the implementation of internal channels with complex geometries to improve the heat exchange, the reduction of the number of parts in an assembly, the net-shape fabrication with minimal material waste compared to subtractive processing, the production of parts without the need for molds or other equipment, and the reduced production cycles from the design to the final parts, where the geometric complexity has a marginal influence on manufacturing time and cost. The Additive Manufacturing processes allow for customized and sustainable production through lightweight design and the reduction of the number of components.

AddMe.Lab was born in 2014 with the acquisition of the first laser powder bed fusion system, the Renishaw AM250. The process capabilities and the machinery available to the lab have grown rapidly throughout the time, as collaborations with other companies and

research centres have been established. Currently, the AddMe.Lab is equipped with several Laser Powder Bed Fusion (LPBF, also known as Selective Laser Melting) systems. The Renishaw AM250 and Trumpf TruPrint 3000 systems represent state-of-the-art industrial solutions that incorporate fiber lasers operating with pulsed and continuous emission modes, respectively. The Renishaw AM250 is equipped with a 200 W laser and a working volume of 250x250x300 mm³. The system can also operate with a reduced build volume (RBV) system capable of working with very small amounts of powder, facilitating the test and production of non-standard materials. The Trumpf TruPrint 3000 is equipped with a 400 W laser, a cylindrical working volume with a diameter of 300 mm and a depth of 400 mm, and an advanced powder management system. In addition to industrial systems, novel prototype systems have been developed and patented. The novel LPBF platforms encompass multi-material sample production, high temperature preheating capabilities as well as advanced defect monitoring and removal systems. Among these, the new "Penelope" system provides real-time identification of defects combining big data analytics and machine learning techniques, with a novel capability of in-situ and in-line removal of the identified defect.

The Department of Mechanical Engineering has been recently awarded the title of "Department of Excellence" receiving significant funding within the LIS4.0 project. Additive Manufacturing has been within the core of the Department of Excellence project and the funding has been used to expand the hardware capabilities with an additional "open" and highly sensorized LPBF system from 3D New Technologies with the ability to obtain high powder bed pre-heating. The new LPBF system will be used to study novel solutions to process difficult materials with complex geometries. The integration of the information flow (images, videos, signals) that support the printing process in-line and in-situ will allow the identification of defects and the development of real-time control solutions.

Within AddMe.Lab, electron beam melting (EBM) is studied with an Arcam A2 system. The system was acquired as part of a collaboration between the Department of Mechanical Engineering, the Department of Aerospace Sciences and Technologies and the Department of Chemistry, Materials and Chemical Engineering. The Arcam A2 system is a system with high flexibility in terms of pre-heating temperature (up to approximately 1200 °C), with a volume of 210 x 210 x 350 mm³ and a maximum electron beam power of 3500 W. The high scan speeds (up to 8000 m/s) guarantees high productivity, as well as the possibility to exploit the same beam for the pre-heating phase at high temperatures. The high preheating temperatures allow one to process materials such as inter-metallic alloys with brittle behavior, which are difficult to process by using other metal Additive Manufacturing processes.

The BLM ADDITUBE system is the laser metal deposition (LMD) system of the AddMe.Lab designed and realized in collaboration with the BLM Group. The system consists of a coaxial powder deposition head positioned by an anthropomorphic robot while the workpiece is handled by a rotating and tilting table. The KUKA Reis deposition is equipped with a pyrometer for temperature control and a coaxial vision system for monitoring the molten pool. Powder feeding is provided by a two-cylinder GTV GmbH powder feeder, which allows the

realization of multi-material and multi-graded deposits. The designed system configuration enables the production of large components as well as complex and free-form shapes.

The ExOne Innovent System is one of the first units available in Italy based on binder jetting technology. With this technology, it is possible to process materials that are considered as critical or not suitable for the laser, such as refractory metals, hard metals containing carbides, and copper. The system provides the possibility of producing parts with very fine geometric details. The development of suitable sintering atmospheres and cycles to obtain components with optimal mechanical characteristics is relevant to this technology.

In 2014, the researchers of the Department designed the Efesto system, an innovative extrusion based deposition machine for the 3D printing of metallic and ceramic materials by extruding a mixture of powder and binder in the form of pellets, which was later patented in 2016. The deposition technology is very versatile compared to the materials that can be used. The system has been designed to incorporate the machining phase for a successful "hybrid" manufacturing process, as well as the thermal post-processing. The technology is based on the use of pellet feedstock, inheriting the know-how and the materials from Metal Injection Molding (MIM).

Thanks to the funding obtained with the "Department of Excellence" LIS4.0 project, AddMe.Lab has become one of the first labs in Europe to install a Desktop Metal Studio System+. The Desktop Metal machine is employed for the low-cost 3D printing of commonly used metals for Additive Manufacturing, as well as copper. The system has been fully operational since the end of 2019.

The AddMe.Lab machine park is completed by a system of collaborating robots for the construction of large free-form structures through an extrusion/protrusion system for the production of objects in long fiber composite reinforced thermoplastic and thermosetting polymers. In order to have a complete grasp on Additive Manufacturing, the AddMe.Lab has also invested in innovative powder characterization systems. A Malvern Morphologi G3 system is used for powder size distribution measurements and morphological analysis. A Freeman Technology F4 system is used for rheological characterization of the different powder feedstocks. These systems aim to study how the properties of the powder change during their life cycle (following the recycling phase), as well as understanding which powder properties are fundamental for the quality of the final piece. Finally the non-destructive characterization of the inner defects are analyzed employing a North Star Imaging X25 micro X-ray CT system with a resolution of 1 µm.

From design to product - Research at AddMe.Lab

Within AddMe.Lab, research is conducted in different areas to meet the needs of the market by combining the aspects of material, process, design and qualification of the products.

The field of research on new materials for metal Additive Manufacturing is highly dynamic. The metal Additive Manufacturing process characteristics are very different from conventional manufacturing processes. Hence, the AddMe.Lab researchers take up the challenge to respond to the demand for the new alloys optimized for the metal additive processes. The designed alloys will provide better mate-

rial properties and defect-free process conditions. In addition, new frontiers are opened for the design of multi-material parts combining multiple materials alloys with a composition that varies from area to area according to specific functional requirements, as well as lattice structures.

Together with the processes, a great interest towards the powder feedstock has risen over the recent years. AddMe.Lab investigates powder morphology, chemistry, and rheological properties of the powder in order to assess their influence on process defects as well as other issues related to powder recycling and sustainable manufacturing.

The AddMe.Lab researchers work extensively on solving the problems related to the processability of new materials with the metal additive technologies, concerning the optimization of process parameters, and the development of innovative machine architectures. Experimental and modeling techniques are involved both for the solution of feasibility problems and for the basic understanding of physical phenomena.

One of the research topics is the characterization of the defects typical of additive processes and the development of "zero defect 4.0" solutions aimed at reducing defects and improving product quality in terms of resolution, accuracy, repeatability, and geometric complexity. Innovative solutions are studied and developed for the complete digitalization of the process from an Industry 4.0 perspective, such as the on-line monitoring of the process based on data acquired from in-situ sensors. Several techniques involving images and videos with high temporal and spatial resolution in different optical wavelengths are studied and developed. The researchers develop methods able to quickly and robustly identify the occurrence of defects and process errors. Novel methods for the analysis and quality control of products with complex geometries and lightweight structures typical of Addi-

ve Manufacturing processes are studied too.

The possibility of creating components characterized by a high geometric and functional complexity and at different dimensional scales offers new design stimuli for several applications. The development of multi-functional lattice structures and highly customized solutions represent only some of the design possibilities offered by metal Additive Manufacturing technologies. The AddMe.Lab researchers investigate the design for Additive Manufacturing criteria to fully exploit these possibilities. The new design paradigm requires the renewal and the evolution of both the methods and the design tools.

In the context of Design for Additive Manufacturing, the AddMe.Lab researchers work on the development of innovative solutions that allow one to fully exploit the potential of metal Additive Manufacturing technologies, and to support the designers in managing and using these possibilities to their advantage. In a more general perspective, the ultimate aim is to contribute to the development and optimal use of all the hardware and software tools in order to be able to draw the largest benefits.

The AddMe.Lab researcher also investigate the methods for estimating structural integrity (static, fatigue and fracture resistance) of metal Additive Manufacturing products for an adequate evaluation of the component's performance. The novel metal Additive Manufacturing process requires the adaptation of the conventional mechanical design criteria methods. In this context, an innovative probabilistic calculation model has been developed, together with the calculation methods for the properties of metamaterials, made of micro-lattice and cellular structures.



ITA

CFDHUB@POLIMI:

laboratorio di fluidodinamica computazionale

Il laboratorio interdipartimentale CFDHub nasce nel 2014 dall'iniziativa congiunta di alcuni gruppi di ricerca del Politecnico di Milano, legati tra loro dall'esigenza di avere a disposizione risorse di calcolo ad alte prestazioni e dall'utilizzo di codici di fluidodinamica computazionale (CFD). Grazie alla sinergia tra i Dipartimenti di Energia (che si occupa anche del coordinamento e di tutti gli aspetti amministrativi), Chimica, Materiali e Ingegneria Chimica "Giulio Natta", Ingegneria Civile e Ambientale, Elettronica Informazione e Bioingegneria e Meccanica, oggi il laboratorio si occupa della gestione hardware e del coordinamento delle risorse di calcolo scientifico rese disponibili dai singoli Dipartimenti afferenti, proponendo soluzioni di calcolo e di gestione dell'infrastruttura con caratteristiche molto elevate aderenti agli standard più avanzati del calcolo HPC (High Performance Computing).

Il laboratorio, all'origine un cluster eterogeneo di nodi di calcolo e con limitata capacità di storage e di RAM, negli ultimi cinque anni ha arricchito le proprie risorse e competenze, e vanta oggi un hardware più che raddoppiato e un'infrastruttura molto performante. L'hardware è installato in uno spazio di Ateneo protetto sia dal punto di vista fisico che elettrico, con filtri per la polvere e aria condizionata per il raffreddamento delle macchine. Allo stato attuale il centro di calcolo è composto di 174 nodi di calcolo per più di 3000 cores computazionali connessi con rete Infiniband, più di 13TB di RAM e più di 800TB di spazio disco.

Sul cluster sono installati i codici maggiormente diffusi nell'ambito della fluidodinamica computazionale, sia commerciali (ANSYS-Fluent, FDS, Star-CCM+, ...), che open-source (OpenFOAM), ma sono installati anche software multiphysics (Comsol, Abaqus, Simulia, ...), FEM (LS-Dyna, ...) e per il pre- e post-processamento dei dati (Matlab, Python, Paraview, etc...). I nodi di calcolo possono essere utilizzati sia in modalità batch che interattiva, sia da riga di comando che da interfaccia grafica, utilizzando una piattaforma allo stato dell'arte per l'esportazione della grafica.

Recentemente, nell'ambito del progetto del Dipartimento di Eccellenza, il Dipartimento di Meccanica ha effettuato un significativo investimento incrementando le risorse computazionali HPC a disposizione degli utenti MeccPolimi sia per calcolo CFD che per calcolo strutturale, appoggiando la gestione di tali risorse al Laboratorio interdipartimentale CFDHub.

"La disponibilità del Laboratorio supporta tutte le attività di ricerca del Dipartimento nell'ambito dell'Ingegneria del Vento" dice il prof. Alberto Zasso, referente di Meccanica nel Comitato Scientifico di CFDHub "ed è ormai un preziosissimo strumento complementare alla Galleria del Vento. In particolare, modellando l'interazione vento-struttura, consente di sviluppare nuovi modelli per la simulazione di fenomeni complessi e di analizzare numericamente problemi che sperimentalmente possono essere osservati solo qualitativamente. Di grande interesse è l'interazione vento-ponti sospesi che consente di accoppiare la modellazione dinamica del ponte con quella aerodinamica del vento, ma anche l'effetto del vento su edifici alti e su grandi coperture, in particolare la definizione dei carichi sulle fondazioni e il dimensionamento delle facciate. L'attività di modellazione numerica del vento è fondamentale poi in ambito energia eolica, dove è possibile simulare numericamente l'interazione tra turbine eoliche e scie all'interno dei parchi eolici e sviluppare logiche di controllo ottimizzate per l'intero parco eolico. Le risorse computazionali HPC a disposizione degli utenti MeccPolimi presso CFDHub sono state utilizzate anche per la valutazione del danno strutturale e del comportamento a fatica delle strutture".

Nel corso del 2019, nell'ambito dell'ultima Call di Ateneo per i Laboratori Interdipartimentali, CFDHub è stato rifinanziato, consentendo il potenziamento e l'aggiornamento agli standard di ultima generazione dell'infrastruttura del Centro di Calcolo che consente la gestione delle risorse di calcolo dei vari dipartimenti afferenti, secondo gli standard più avanzati del calcolo HPC.

ENG

CFDHUB@POLIMI - computational fluid dynamic laboratory

The CFDHub interdepartmental laboratory was born in 2014 from the joint initiative of different research groups of Politecnico di Milano, all in need to rely on high-performance computing resources and on the use of computational fluid dynamics (CFD) codes. Thanks to the synergy between the departments of Energy (which coordinates and runs the administrative tasks), Chemistry, Materials and Chemical Engineering "Giulio Natta", Civil and Environmental Engineering, Electronics, Information and Bioengineering and Mechanical Engineering, today the laboratory deals with the management of the different resources of scientific calculation made available by the departments, proposing top-level computing solutions in line with the most advanced standards of HPC (High Performance Computing). The laboratory, originally a heterogeneous cluster of computing nodes and with limited storage capacity and RAM, has enriched its resources and expertise over the past five years, and today boasts a hardware twice as big, and a high-performance infrastructure. The hardware is installed in a protected space, with dust filters and air conditioning for the cooling of the machines. At present, the computing center is composed of 174 calculation nodes for more than 3000 computational cores connected with the Infiniband network, more than 13TB of RAM and more than 800TB of disk space.

The most widespread codes in the field of computational fluid dynamics are installed on the cluster, both commercial (ANSYS-Fluent, FDS, Star-CCM+, ...), and open-source (OpenFOAM); multiphysics softwares are also available (Comsol, Abaqus, Simulia, ...), FEM (LS-Dyna, ...) and for pre- and post-processing of data (Matlab, Python, Paraview, etc ...).

The calculation nodes can be used both in batch and interactive mode, either from the command line and from the graphic interface,

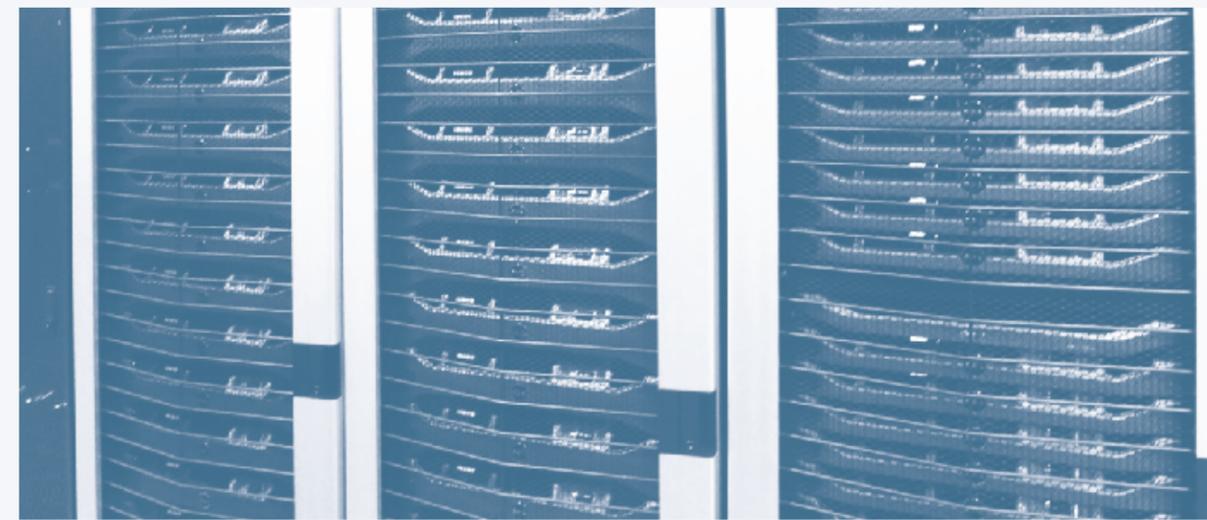
using a state-of-the-art platform for exporting graphics.

Recently, within the project of the Department of Excellence attributed to MeccPolimi, the Department has made a significant effort, by increasing the computational HPC resources for CFD and structural computing, within the infrastructure of the CFDHub interdepartmental laboratory.

"The Laboratory supports the research activities of the Department in the field of Wind Engineering" says prof. Alberto Zasso, representing MeccPolimi in the CFDHub Scientific Committee "and has become a fundamental and complementary resource for our Wind Tunnel activities. In particular, modeling the wind-structure interaction and allowing to develop new models for the simulation of complex phenomena and to analyze numerically and experimentally problems that can be observed qualitatively. We can focus, for instance, on the interaction between wind and suspension bridges which allows the dynamic modeling of the bridge to be coupled with the aerodynamic modeling of the wind, but also the effect of wind on tall buildings and on large roofs, for the definition of loads on the foundations and the sizing of the facades.

The activity of numerical wind modeling is also essential in the field of wind energy, where it is possible to numerically simulate the interaction between wind turbines and wakes inside the wind farms, for the development of optimized control strategies of the entire wind farm. More recently, the important effort and investment in new computational HPC resources for MeccPolimi users has also been relevant in the assessment of structural damage and fatigue behavior of structures".

During 2019, in the framework of an institutional call for proposals for Politecnico's interdepartmental labs, CFDHub has been re-financed, thus achieving a further and up-to-date computing capacity.





Sono profondamente convinto che il ruolo formativo e sociale di un'università non si esaurisca nell'insegnare le discipline che la caratterizzano (prima missione) e nel fare ricerca in queste stesse discipline (seconda missione), ma trovi compimento nella terza missione, ovvero nell'insieme delle azioni di valorizzazione e di impiego della conoscenza con le quali gli atenei entrano in relazione diretta con soggetti e gruppi sociali ulteriori rispetto a quelli naturali (studenti, enti di ricerca, aziende,...). In questo modo, esse si rendono disponibili a modalità di interazione dal contenuto e dalla forma assai variabili e dipendenti dal contesto, e contribuiscono allo sviluppo sociale, culturale ed economico della società.

Nel mio programma di mandato da Direttore ho dunque voluto inserire la voce cultura, assegnando al Dipartimento anche il ruolo di promotore di eventi e iniziative per il territorio di riferimento, la Bovisa, e, se possibile, per l'intera città di Milano. Il tutto con un problema: per dirla con il Manzoni, da "vile meccanico" mi mancavano le competenze e le conoscenze per costruire un progetto di livello. La svolta è stata parlarne con chi è stato in grado di concretizzare il mio desiderio dando vita al progetto Cultura Meccanica, il ciclo di eventi a cura di Francesca Brambilla.

Marco Bocciolone

Direttore del Dipartimento di Meccanica

ENG

I am deeply convinced that the educational and social role of a university does not end in disciplinary education (first mission) and in research itself (second mission), but stretches out to the third mission, the dissemination and communication of knowledge with which universities enter into a direct relationship with individuals and social groups other than the "natural" ones (students, research institutes, companies, ...). By making themselves available to different ways of interacting, universities can contribute to the social, cultural and economic development of society.

This is the reason why, in my program, I dared to insert cultural contents and to invest my Department with the role of promoter of events and initiatives for the reference territory, Bovisa, and, if possible, for the whole city. But along came the problem: in the words of Manzoni, as a "vile meccanico" I lacked the skills and knowledge to build a successful project. The turning point was meeting somebody who actually gave life to my desire with Cultura Meccanica, the series of events curated by Francesca Brambilla.

Marco Bocciolone

Head of the Department of Mechanical Engineering

ITA

Jonathan Guaitamacchi - Bovisa from '97 to '17

Il progetto si è ufficialmente aperto nel febbraio del 2018 con la mostra di "Jonathan Guaitamacchi - Bovisa from '97 to '17", un omaggio alla zona dove sorge il nostro Dipartimento. Luogo significativo per l'arte di Guaitamacchi, Bovisa è infatti l'epigenesi di un pensiero che si sviluppa negli anni a seguire con i grandi paesaggi urbani per i quali è conosciuto in tutto il mondo. E' a lui che abbiamo voluto dedicare la copertina di questo primo numero del nostro Magazine.

L'entusiasmo e l'affetto per Bovisa e per il Politecnico hanno spinto Guaitamacchi a donare una grande opera al Dipartimento di Meccanica che, proprio nel febbraio del 2020, due anni esatti dopo la mostra inaugurale, la riceverà formalmente.

ENG

Jonathan Guaitamacchi - Bovisa from '97 to '17

The project officially opened in February 2018 with the exhibition by "Jonathan Guaitamacchi - Bovisa from '97 to '17", a tribute to the area where our Department is located. A significant place for the art of Guaitamacchi, Bovisa is the epigenesis of his creative thinking that was developed over the following years with the great urban landscapes for which he became known throughout the world. We dedicate the cover of this first issue of our Magazine to him.

The enthusiasm and affection for Bovisa and for Politecnico prompted Guaitamacchi to donate a large work to the Department of Mechanical Engineering, which in February 2020, exactly two years after the opening exhibition, will receive it formally.

JONATHAN GUAITAMACCHI
BOVISA
FROM '97 TO '17

ITA **Taiko Soundscape: dai campi di Cerere all'officina di Ford**

Spettacolo inedito e unico ideato per Cultura Meccanica *"Taiko Soundscape: dai campi di Cerere all'officina di Ford"* è una metafora della storia dell'uomo. Elemento portante e attore principale è il ritmo, del tempo e della musica, medium attraverso il quale tutto diviene e trova unione. Se al ritmo del tempo naturale (giorno, notte, estate, inverno) che regola la vita dell'uomo della civiltà "senza macchine" fa da contrappunto il ritmo del suono primordiale e ancestrale dei tamburi Taiko, il ritmo del tempo artificiale delle macchine mecatroniche trova eco nel suono metallico degli organi delle macchine e della musica elettronica.

Lo spettacolo è nato dalla sinergia con l'Associazione Taiko Lecco, con la partecipazione di una danzatrice e altri musicisti. Cornice dell'evento è stato il suggestivo spazio del Laboratorio Prove Grandi Infrastrutture del Dipartimento di Meccanica, divenuto non solo contenitore ma anche, e soprattutto, contenuto.

Il video dell'evento è disponibile sul canale youtube del Politecnico di Milano.

ENG **Taiko Soundscape: from Cerere's fields to Ford's workshop**

The unique show created for Cultura Meccanica *"Taiko Soundscape: from Cerere's fields to Ford's workshop"* is a metaphor of human history. The main element is rhythm, of time and music, a medium through which everything becomes alive and finds unity. The rhythm of natural time (day, night, summer, winter) that regulates the life of the man "without machines" couples with the rhythm of the primordial and ancestral sound of Taiko drums, whereas the rhythm of the artificial time of mechatronics echoes in the metallic sound of machines and electronic music.

The show was born from the synergy with the Taiko Lecco Association, with the participation of a dancer and other musicians. The setting of the event was the evocative space of the Large Infrastructure Testing Laboratory of the Department of Mechanical Engineering, which became on the occasion not only a "container" but also, and above all, a content itself.

The video of the event is available on Politecnico's youtube channel.

TAIKO SOUNDSCAPE

DAI CAMPI DI CERERE
ALL'OFFICINA DI FORD

ITA **Eduard Habicher**
Fumo e acciaio su cartone e...altre sculture

La personale di Eduard Habicher, patrocinata dal Municipio 9 del Comune di Milano e da Ferrovie dello Stato Italiane, ha proposto negli spazi del Dipartimento di Meccanica grandi opere dell'artista altoatesino. Sintesi di una delicata dicotomia, nelle opere di Habicher vi è da una parte il processo mentale e ideativo, dall'altra la continua sperimentazione quasi ingegneristica basata su calcoli. Il confronto diretto con materiali come ferro, legno combusto, vetro e il relativo studio dei loro limiti e possibilità, porta l'artista a creare composizioni armoniche e calibrate. La magia della scultura sta nel trasformare un materiale in qualcosa di altro.

Nella mostra, oltre ai grandi collage ottenuti con la stratificazione di fumo su cartone, a spiccare sono state le rosse putrelle. Solida e monolitica, elemento portante, sicura e resistente, la putrella, da tutti riconosciuta come un prodotto fortemente ingegneristico, è stata portata all'interno del Dipartimento di Meccanica per assumere un significato altro.

ENG **Eduard Habicher**
Smoke and steel on cardboard and ... other sculptures

The personal exhibition of Eduard Habicher, sponsored by the 9th Municipality of Milan and by Ferrovie dello Stato Italiane, brought large works by the South Tyrolean artist to the Department of Mechanical Engineering. A synthesis of a delicate dichotomy, in Habicher's works we find, on one side, the mental and creative process, and on the other the continuous experimentation, almost engineered, based on calculations. The direct comparison with materials such as iron, burnt wood, glass, and the study of their limits and possibilities, leads the artist to create harmonic and calibrated compositions. The magic of sculpture lies in transforming a material into something else.

In the exhibition, in addition to the large collages obtained with the layering of smoke on cardboard, the red beams where to stand out. Solid and monolithic, a load-bearing element, safe and resistant, the red beam is generally recognized as a highly engineered product, and was brought into the Department to take on a different meaning.

ITA **Kiss the Frog #Rigeneriamoci**
Cracking Art e Polimi insieme per lo sviluppo dell'economia circolare
Le rane invadono il Politecnico di Milano

La ricerca scientifica del Politecnico di Milano e la ricerca artistica di CrackingArt hanno sostenuto il progetto "Kiss the Frog" volto a promuovere lo sviluppo di tecnologie per un'economia circolare da applicarsi nella fabbrica sostenibile del futuro in ambito automotive.

Parola portante del progetto è stata RIGENERAZIONE. Metafora di una rinascita pop, Kiss the Frog è molte cose insieme: invasione artistica di un quartiere in fase di rigenerazione urbana come la Bovisa, performance di danza contemporanea e musica elettronica, ma anche operazione di crowdfunding volta a sostenere la ricerca del laboratorio interdipartimentale CIRC-eV (vedi articolo a pp. 90-93). Tra i tanti animali prodotti da CrackingArt la scelta è ricaduta spontaneamente sulla rana che, proprio per la metamorfosi che compie nel suo processo evolutivo e per il suo legame con l'acqua, diventa metafora di riti come la rinascita, l'iniziazione e la trasformazione. Nell'immaginario collettivo baciare una rana genera l'aspettativa di una trasformazione; con Kiss the Frog si ambisce a una rigenerazione, una rinascita, non solo delle batterie esauste ma anche dello spirito. Più di cinquanta rane colorate di grande dimensioni hanno invaso il Campus Bovisa fuori e dentro l'ateneo. La vendita di mini sculture a forma di rana ha ottenuto un ricavato di 22.500 euro interamente dedicato al laboratorio CIRC-eV.

ENG **Kiss the Frog #Rigeneriamoci**
Cracking Art and Polimi together for the development of circular economy - Frog invasion of Politecnico di Milano

The scientific research of Politecnico di Milano and CrackingArt artistic research supported the project "Kiss the Frog", aimed at promoting the development of technologies for circular economy, to be applied in the sustainable factory of the future in the automotive sector. The leading word of the project was REGENERATION. Metaphor of a pop renaissance, Kiss the Frog has been many things together: artistic invasion of a neighborhood undergoing urban regeneration such as Bovisa, performance of contemporary dance and electronic music, but also a crowdfunding campaign aimed at supporting the research of the interdepartmental laboratory CIRC-eV (see article on pages 90-93). Among the many animals produced by CrackingArt, the choice fell spontaneously on the frog that, precisely because of the metamorphosis it performs in its evolutionary process and because of its connection with water, becomes a metaphor for rituals such as rebirth, initiation and transformation. In the collective imaginary, kissing a frog generates the expectation of a transformation; with Kiss the Frog we then aspire to a regeneration, a rebirth, not only of exhausted batteries but also of the spirit. More than fifty large colored frogs invaded Bovisa Campus, outside and inside the university. The sale of small frog sculptures has obtained a total of 22.500 euro, entirely dedicated to the CIRC-eV laboratory.

30 NOVEMBRE 2018 | 31 MAGGIO 2019

KissTheFrog

#rigeneriamoci

ITA **Kiss the Frog - E-dancity**
Secondo atto
Performance di danza contemporanea e musica elettronica
#Rigeneriamoci

In stretto legame con l'installazione artistica di Kiss the Frog si è tenuta una performance studiata ad hoc dal coreografo Simone Magnani, con la partecipazione di ballerini professionisti, alcuni allievi della scuola di Danza Contemporanea Artichoke e il quartetto "Plugged Minds". La performance, anch'essa allestita negli spazi del Laboratorio Grandi Infrastrutture, ha comunicato in modo altro il concetto di ri-generazione.

"Rinnovarsi e rigenerarsi - secondo Magnani - sono due buone pratiche di alto valore ecologico, ma anche antropologico, perché sintomatiche di grande apertura e fiducia in sé e negli altri, una costante ricerca di equilibrio mai fine a se stessa, un equilibrio dinamico cioè mutante e sempre circolare, come la storia insegna".

ENG **Kiss the Frog - E-dancity**
Second act
Performance of contemporary dance and electronic music
#Rigeneriamoci

Alongside with the artistic installation of Kiss the Frog, the performance E-dancity, created by choreographer Simone Magnani, with the participation of professional dancers, students of the Artichoke Contemporary Dance school and the "Plugged Minds" quartet. The show was set up in the spaces of the Large Infrastructure Laboratory of The Department, as to communicate, differently, the concept of re-generation.

"Renewal and regeneration - said Magnani - are two good practices of high ecological value, but also anthropological meaning, being symptomatic of great openness and confidence in oneself and in others, of a constant search for balance, a dynamic, mutant, and always circular balance, as history teaches us".

27 MAGGIO | 28 MAGGIO 2019

a cura di Francesca Brambilla con Marta Badoni
famiglia e lavoro nelle carte di Giuseppe Riccardo Badoni

un archivio in-vita

ITA

Un archivio in-vita Famiglia e lavoro nelle carte di Giuseppe Riccardo Badoni

Perché al Dipartimento di Meccanica la mostra dell'archivio di famiglia della Badoni?

Per quelli di noi che si occupano di ricerca in ambito ferroviario è quasi una questione affettiva: i Badoni sono i locomotori di manovra che da sempre, in tantissime notti passate a installare strumentazione e a fare rilievi nelle gallerie delle metropolitane (non solo in Italia) o sulle linee ferroviarie tradizionali o dell'Alta Velocità, ci "accompagnano" al sito di lavoro, e all'alba - prima che il servizio riprenda - ci riportano in deposito. Ma lasciando gli aspetti emozionali e studiando nel dettaglio la storia della Badoni, non si può che riconoscere che il patrimonio culturale e di competenze è fondamentalmente meccanico, in generale, e in alcuni casi molto vicino all'attività di ricerca e di valorizzazione dello stesso Dipartimento di Meccanica. La Badoni, per citare solo alcuni esempi, progettava, realizzava e installava i tralicci per sostenere i cavi delle linee aeree per la trasmissione della potenza elettrica: la ricerca del MeccPolimi è riferimento mondiale per questi sistemi, in particolare per quanto riguarda le tecniche di attenuazione dell'ampiezza delle vibrazioni dei cavi stessi indotte per esempio dall'azione del vento.

La Badoni, inoltre, progettò e realizzò la torre europea del primo ponte a campata unica sul Bosforo (1970-73) e fu una delle società fondatrici del "Gruppo Ponte di Messina", consorzio per lo studio dell'attraversamento stabile dello Stretto di Messina con particolare riferimento alla possibilità di realizzare un ponte a campata unica di 3400 m per lo scavalco stradale e ferroviario dello Stretto stesso; il nostro Dipartimento è da almeno trent'anni leader mondiale nell'ingegneria del vento e ha partecipato allo studio dei più importanti ponti a grande luce sospesi o strallati nel mondo.

Inaugurata nella primavera scorsa negli spazi del Politecnico di Milano, Polo territoriale di Lecco, la mostra è poi arrivata negli spazi del nostro Dipartimento. Sono le stesse curatrici a dichiarare apertamente che la mostra "non vuole essere un esercizio della memoria ma piuttosto un luogo di attivazione del presente. Il titolo scelto, Un archivio in-vita, nasce dal desiderio di aprire una traccia vitale, in-vitante appunto, che promuova e stimoli più ampie e ambiziose avventure: aprire nuovi possibili percorsi per immaginare il futuro." Nata dalla consultazione dell'Archivio personale di Giuseppe Riccardo Badoni e dell'Archivio della famiglia Badoni, depositato dalla famiglia stessa, titolare delle carte, presso i Musei civici di Lecco nel 1989 e successivamente donato nel 1998, la mostra dà vita al personaggio di Giuseppe Riccardo Badoni, attivo sulla scena leccese, nazionale e internazionale, per 50 anni tra il 1910 e il 1960.

Nella speranza di far vivere questa mostra e questi archivi, si è puntato sulla vitalità della rete aprendo un sito internet anch'esso diviso in due sezioni: una relativa alla mostra e una dedicata alle Officine Badoni. La speranza è che questo archivio virtuale possa restare in-vita, alimentarsi nel tempo con il lavoro di chi, dopo di noi, racconterà nuove storie.

<http://www.archivbadoni.polimi.it>

4 OTTOBRE | 15 NOVEMBRE 2019

ENG

Un Archivio in-vita Family and work in the writings of Giuseppe Riccardo Badoni

Why an exhibition of the Badoni archives at the Department of Mechanical Engineering?

For those of us involved in railway research, it is almost a sentimental matter: the Badonis are the "locomotives" that were always on our side during night shifts in underground tunnels (in Italy and abroad), or on the traditional or high-speed railway lines. Walking us onto the site and, at dawn, taking us back home.

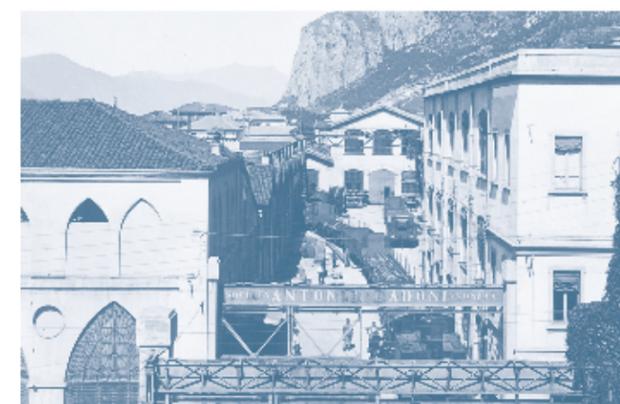
But leaving emotions aside and studying the history of Badoni in detail, we acknowledge the mechanical cultural heritage and skills of this family "business", remarkably close to the research activities of the Department itself.

Badoni actually designed, built and installed pylons of the overhead electrical lines; our research is a worldwide reference in this area, in particular in the techniques for damping the vibrations of the cables induced by the wind. Badoni also engineered the tower on the European bank of the 15 July Martyrs Bridge (1970-73), the first and longest (at the time) single-span bridge over the Bosphorous strait. They were among the founding companies of "Ponte di Messina Group", a consortium for the design of the Messina Bridge; MeccPolimi supported the studies related to the aerodynamics and runnability of the 3400 m single-span bridge. Our Department has been world leader in wind engineering in the last thirty years, and has participated in the study of the most important suspended or cable-stayed bridges in the world.

Opened last spring in the Lecco Campus of Politecnico di Milano, the exhibition was later moved to our Department. The curators themselves openly declared that "it has not been an exercise of memory, but rather a place to activate the present. The title, Un archivio in-vita, expresses the desire to leave a vital trace to stimulate wider adventures and new possible paths for the future. The exhibition, rising from the personal archive of Giuseppe Riccardo Badoni and the Badoni family (initially deposited at the Civic Museums of Lecco in 1989 and then donated in 1998), gives life to the character of Giuseppe Riccardo Badoni, who was active on the national and international scene for 50 years between 1910 and 1960.

With the aim of bringing it all to life, we also wanted to focus on reaching out: a dedicated website with two sections was designed, one relating to the exhibition and one dedicated to the Officine Badoni. Our hope is that this virtual archive will remain alive, nourishing itself over time with the work of those who, after us, will tell new stories.

<http://www.archivbadoni.polimi.it>





IL DIRETTORE DI AUDEMARS PIGUET A MECCANICA PER CONOSCERE I NOSTRI STUDENTI

Giulio Papi, direttore di Audemars Piguet Renaud & Papi (APRP), ha visitato il Dipartimento di Meccanica, con finalità di recruitment e identificazione di possibili collaborazioni negli ambiti della meccanica avanzata.

THE DIRECTOR OF AUDEMARS PIGUET AT MECCPOLIMI

Giulio Papi, director of Audemars Piguet Renaud & Papi (APRP), visited the Department of Mechanical Engineering, for recruitment strategies, to investigate possible collaborations in the field of advanced mechanical engineering.



UNA PANCHINA ROSSA IN PIAZZA LEONARDO DA VINCI

Il Politecnico di Milano ha inaugurato la "sua" panchina rossa in piazza Leonardo da Vinci. La panchina è simbolo di lotta alla violenza di genere, un invito quotidiano alla consapevolezza e al contrasto di ogni forma di violenza e di discriminazione fondate sulla differenza di genere.

A RED BENCH IN PIAZZA LEONARDO DA VINCI

Politecnico di Milano inaugurated its "own" red bench in Piazza Leonardo da Vinci, the principal campus of the University. The bench was painted in red as a symbol of the fight against gender-based violence, it is meant to raise our daily awareness and is a call to action against all forms of violence and discrimination based on gender.



MAM 2018 - SFIDE E OPPORTUNITÀ DELL'ADDITIVE MANUFACTURING @MECCPOLIMI

Dal 4 al 6 Dicembre il Dipartimento di Meccanica ha ospitato la terza edizione di MAM 2018, tre giornate di studio e approfondimento specializzate dedicate all'Additive Manufacturing. Organizzato insieme a RINA, MAM ha visto riuniti i massimi esperti accademici e industriali con l'obiettivo di delineare l'attuale stato dell'arte e identificare le prossime frontiere della tecnologia additiva. Un fitto calendario di incontri e dibattiti sulle sfide principali di una delle tecnologie emergenti, e di punta, nel panorama della ricerca scientifica.

MAM 2018 - CHALLENGES AND OPPORTUNITIES OF ADDITIVE MANUFACTURING @MECCPOLIMI

From December 4th to 6th the Department of Mechanical Engineering hosted the third edition of MAM 2018, three days of in-depth analysis and studies dedicated to Additive Manufacturing. Coordinated with RINA, MAM gathered top-level experts from academia and from the industrial world, with the aim of outlining the current state of the art and identifying forthcoming challenges in Additive Manufacturing. Participants accessed to a dense agenda of meetings and panels dedicated to the most relevant challenges of this leading emerging technology.



"E QUINDI USCIMMO A RIVEDER LE STELLE" - TOMMASO GHIDINI (ESA) OSPITE DI "ARTE E SCIENZA"

L'origine dell'universo, il Big Bang, la vita sulla terra e le esplorazioni spaziali, passando per la creazione di Adamo di Michelangelo, La Notte Stellata di Van Gogh e Il Piccolo Principe di Saint-Exupéry. Grande successo per l'intervento di Tommaso Ghidini dell'Agenzia Spaziale Europea al Dipartimento di Meccanica, un fitto dialogo per investigare il rapporto tra Arte e Scienza con la prof.ssa Bianca M. Colosimo, ordinaria di Tecnologie e Sistemi di Lavorazione. Ghidini ha entusiasmato la platea con la storia della ricerca spaziale, da Rosetta al problema dei detriti, dalle tecnologie di uso quotidiano che devono la loro origine alla ricerca per lo spazio, al racconto dei prossimi scenari: l'esplorazione di altri pianeti e la vita su Marte sono già all'ordine del giorno dell'Agenzia Europea.

"E QUINDI USCIMMO A RIVEDER LE STELLE" - TOMMASO GHIDINI (ESA) SPECIAL GUEST AT "ART AND SCIENCE"

The origin of the universe, the Big Bang, life on earth and space explorations, passing through Michelangelo's Creation of Adam, Van Gogh's Starry Night and Saint-Exupéry's The Little Prince. A great success for the talk of Tommaso Ghidini of the European Space Agency at the Department of Mechanical Engineering, a sophisticated dialogue to investigate the connections between Art and Science with prof. Bianca M. Colosimo, full professor of Manufacturing and Production Systems @MeccPolimi. Head of ESA's Structures, Mechanisms and Materials Division, dr. Ghidini captured the audience with the history of space explorations, from Rosetta to the problem of the debris, from everyday technologies that owe their origins to space research, all the way to the forthcoming scenarios: the exploration of other planets and life on Mars are already on the agenda of the European Agency.



PROGETTO "LEGO FACTORY"

Il progetto consiste nello sviluppo di una linea produttiva miniaturizzata composta da mattoncini LEGO® e logiche programmabili LEGO® EV3 MINDSTORMS, installata presso il MeccPolimi. La linea imita il comportamento di un sistema produttivo reale tramite blocchetti che ne costituiscono i prodotti con lo scopo di permettere agli studenti dei corsi di Sistemi Produttivi di "giocare" con il sistema realizzato, acquisendo dati dai sensori e sviluppando modelli digitali. Il progetto è finanziato dal gruppo SmeUP e sponsorizzato dall'associazione ITLUG (Italian LEGO Users Group).

PROJECT "LEGO FACTORY"

The project consists in the development of a miniaturized production line made by LEGO® bricks and programmable logic controllers LEGO® EV3 MINDSTORMS, installed at MeccPolimi. The line imitates the behavior of a real production system by means of small pieces which represent the products, with the scope of enabling students from the courses offered by the Production Systems section to "play" with the system, by acquiring data from the line sensors and developing digital models. The project has been funded by the SmeUP Group and it is sponsored by the consortium ITLUG (Italian LEGO Users Group).



TEST IN GALLERIA DEL VENTO (GVPM) PER IL PROGETTO EUROPEO CL-WINDCON

Sono terminati con successo presso la Galleria del Vento del Politecnico di Milano i test sperimentali sull'interazione delle scie delle turbine eoliche per il controllo dei parchi eolici, test legati al Progetto Europeo H2020 CL-Windcon strategie di controllo del parco eolico in condizioni di vento dinamico: tre turbine eoliche sono state installate sulla piattaforma girevole della galleria, che ruota dinamicamente secondo una storia temporale del vento ricostruita.

WIND TUNNEL TESTING AT GVPM FOR THE EUROPEAN PROJECT CL-WINDCON

Within the H2020 project CL-Windcon experimental tests of wind turbine wake interaction for wind farm control were conducted at the Wind Tunnel of Politecnico di Milano. The aim of the test was to determine the performance of wind farm control strategies in dynamic wind direction conditions: three wind turbines have been installed on the wind tunnel turntable that is dynamically rotating according to a rescaled wind direction time history.



MECCPOLIMI COORDINA IL PROGETTO UE FIBERUSE SUL RIUTILIZZO DEI PRODOTTI COMPOSITI A FINE VITA

Il 7 e 8 febbraio il Dipartimento di Meccanica ha ospitato l'incontro di riesame del progetto FiberEUse, finanziato dal programma Quadro Europeo HORIZON 2020 e coordinato dal Prof. Marcello Colledani. FiberEUse ha lo scopo di dimostrare la fattibilità tecnica ed economica di catene di valore innovative basate sul riutilizzo dei materiali compositi a fine vita prodotti. I partner del progetto hanno presentato i progressi delle attività di ricerca dopo i primi 18 mesi. L'incontro si è concentrato principalmente sulla revisione dei risultati ottenuti nei tre casi d'uso del progetto: riciclo meccanico, riciclo termico e rigenerazione dei prodotti compositi.

MECCPOLIMI COORDINATES EU PROJECT FIBERUSE ON THE REUSE OF END-OF-LIFE COMPOSITE-MADE PRODUCTS

On February 7th and 8th the Department of Mechanical Engineering hosted the Review Meeting of the FiberEUse project, funded by the European Horizon 2020 Framework programme and coordinated by Prof. Marcello Colledani. FiberEUse has the scope to demonstrate the technical and economical feasibility of innovative value-chains based on the reuse of end-of-life composite materials made products. The project partners presented the advancements of the research activities after the first 18 months. The meeting focused primarily on reviewing the results obtained in the three project use-cases: mechanical recycling, thermal recycling and remanufacturing of composites products.



IL POLITECNICO DI MILANO OSPITA L'EDIZIONE 2019 DELLA STU HUNTER RESEARCH CONFERENCE

La settima conferenza annuale Stu Hunter Research Conference è stata coordinata dal Politecnico di Milano, sotto la guida della prof.ssa Bianca M. Colosimo del Dipartimento di Meccanica. Nata in onore di Stuart (Stu) Hunter, statistico di fama internazionale e professore emerito a Princeton, tra i pionieri dell'applicazione dell'analisi dati in ambito industriale, l'edizione 2019, tenutasi a Villa Porro Pirelli, ha visto tra i partecipanti esperti provenienti dai principali Atenei europei e internazionali e da enti e aziende private quali NASA e Amazon UK. Per tre giorni invited speakers e moderatori hanno discusso delle tecniche più innovative di analisi di big data applicate all'ambito industriale e manifatturiero, alla finanza (Fin-Tech) e alla supply chain.

POLITECNICO DI MILANO HOSTS THE 2019 EDITION OF THE STU HUNTER RESEARCH CONFERENCE

The seventh annual Stu Hunter Research Conference was coordinated by Politecnico di Milano under the guidance of Prof. Bianca M. Colosimo of the Department of Mechanical Engineering. Named after Stuart (Stu) Hunter, an internationally renowned statistician and professor emeritus at Princeton, one of the pioneers of the application of data analysis in the industrial sector, the 2019 edition, held at Villa Porro Pirelli, hosted expert participants from top level European and international universities (Georgia Institute of Technology, Virginia Tech, Pennsylvania State University, Princeton, KU Leuven, Chalmers, DTU, Hong Kong University of Science and Technology) and private organizations and companies such as NASA and Amazon UK.



REALTÀ VIRTUALE E SPEDIZIONI SU MARTE: PREMIATO IL PROGETTO REDSTORM CHE SIMULA LE CONDIZIONI DEGLI ASTRONAUTI

Il 12 Aprile, al termine della conferenza Mars to Earth, un gruppo di studenti del Politecnico di Milano ha vinto il Mars to Earth award con il progetto RedStorm sviluppato all'interno del corso di Virtual and Physical Prototyping coordinato dalla prof.ssa Monica Bordegoni con la supervisione del prof. Giandomenico Caruso del Dipartimento di Meccanica, e la collaborazione della Italian Mars Society.

VIRTUAL REALITY AND MARS EXPLORATIONS: THE REDSTORM PROJECT, SIMULATING THE CONDITIONS OF THE ASTRONAUTS, WINS THE MARS TO EARTH AWARD

On April 12, at the end of the Mars to Earth conference, a group of students of Politecnico di Milano won the Mars to Earth award with the RedStorm project. The research was developed within the course of Virtual and Physical Prototyping delivered by prof. Monica Bordegoni and prof. Giandomenico Caruso of the Department of Mechanical Engineering, with the collaboration of the Italian Mars Society.



PUBBLICAZIONE DEL MECCPOLIMI SU ENGINEERING STRUCTURES: I TEST IN GALLERIA DEL VENTO SONO RAPPRESENTATIVI DELLA RISPOSTA DINAMICA DELLA STRUTTURA IN SCALA REALE?

Il gruppo di ricerca sull'ingegneria del vento del MeccPolimi ha recentemente pubblicato su Engineering Structures - Volume 190, l'articolo "Wind-induced response of light and slender arched structures in twin arrangement: Wind tunnel tests and full-scale monitoring". Nel paper Sara Muggiasca, Ilmas Bayati, Stefano Giappino, Lorenzo Rosa e Marco Belloli hanno cercato di rispondere a questa domanda, confrontando i risultati dei test su scala reale e quelli ottenuti in galleria del vento sull'Arco Estetico di Expo, struttura composta da due archi gemelli costruiti per l'Esposizione Universale ospitata a Milano nel 2015.

A RECENT PUBLICATION OF MECCPOLIMI ON ENGINEERING STRUCTURES: DOES WIND TUNNEL TESTING REPRESENT REAL-LIFE RESPONSE?

The wind engineering research group of MeccPolimi has recently published on Engineering Structures - Volume 190, the paper "Wind-induced response of light and slender arched structures in twin arrangement: Wind tunnel tests and full-scale monitoring". In this article Sara Muggiasca, together with Ilmas Gayati, Stefano Giappino, Lorenzo Rosa and Marco Belloli, tried to figure out an answer to this fundamental question, by comparing full scale and wind tunnel response of the Aesthetic Arch of Expo, two arches in twin arrangement built for the Universal Exposition hosted in Milan in 2015.



DATA SCIENCE E INGEGNERIA: INTERVENTO DELLA PROF.SSA BIANCA M. COLOSIMO A GEORGIA TECH IN OCCASIONE DEL WUFEST

La prof.ssa Bianca M. Colosimo del Dipartimento di Meccanica ha partecipato, come invited speaker, al WuFest, conferenza di due giorni organizzata da Georgia Tech in onore di C.F. Jeff Wu, figura iconica per la statistica industriale.

DATA SCIENCE AND ENGINEERING: PROF. COLOSIMO'S TALK AT GEORGIA TECH FOR WUFEST

Prof. Bianca M. Colosimo of MeccPolimi was among the invited speakers on the occasion of WuFest, a two-day conference held at Georgia Tech focusing on engineering statistics and related topics.



IL POLITECNICO DI MILANO AL TAVOLO SMART MOBILITY DI REGIONE LOMBARDIA

Lo scorso 15 Maggio si è svolta la seconda riunione del tavolo "Smart Mobility e Intelligenza Artificiale" a Palazzo Pirelli, alla presenza di tutti i principali protagonisti del settore automotive. Obiettivo di questo incontro, che ha visto la partecipazione dei prof. Cheli e Braghin per il nostro Ateneo e del prof. Mastinu per il Cluster Mobilità Lombardia, è stato quello di creare una sinergia tra istituzioni, imprese e mondo della ricerca, in un settore, quello della componentistica in ambito mobilità, che vede la Lombardia eccellere con più di 1.000 aziende e oltre 50 mila dipendenti diretti.

POLITECNICO DI MILANO AMONG THE PARTICIPANTS OF THE SMART MOBILITY INITIATIVE ORGANIZED BY REGIONE LOMBARDIA

On May 15th Regione Lombardia summoned the principal stakeholders in the automotive sector on the occasion of the second meeting of the "Smart Mobility and Artificial Intelligence" table, at Palazzo Pirelli. The gathering, with the participation of professors Cheli and Braghin for Polimi and prof. Mastinu for the Cluster Mobilità Lombardia, focused on creating a synergy between institutions, companies and the research sector in the field of mobility and in particular automotive components, representing today a true excellence in Lombardia with more than 1.000 companies and over 50 thousand direct employees.



IL PROGETTO H2020 I0ONIC: UNA PIATTAFORMA DI PRODUZIONE SCALABILE ZERO DEFECT

Il Dipartimento di Meccanica ha recentemente ospitato la 2° Assemblea Generale di i0onic, il progetto finanziato dall'UE e coordinato per MeccPolimi dal prof. Marcello Colledani. La crescente evoluzione delle attrezzature e dei processi produttivi nei settori optoelettronici, insieme a maggiori livelli di complessità, personalizzazione, volumi, domanda e necessità di ridurre i costi, richiedono processi automatizzati e sostenibili. La soluzione offerta da i0onic è la creazione di una piattaforma di produzione scalabile zero-defect che copre l'intera catena di processo delle parti optoelettroniche in un quadro olistico che può essere applicato sia a linee nuove che esistenti.

H2020 PROJECT I0ONIC: SCALABLE ZERO DEFECT MANUFACTURING PLATFORM

The Department of Mechanical Engineering recently hosted the 2nd General Assembly of i0onic, the EU-funded project coordinated for MeccPolimi by prof. Marcello Colledani. Nowadays the increasing evolution of equipment and manufacturing processes in optoelectronic sectors, together with the growing complexity, customization, volume, demand and the need to reduce the costs, call for automated and sustainable processes. The solution offered by i0onic is the creation of a scalable zero defect manufacturing platform covering the overall process chain of optoelectrical parts in an holistic framework which could be applied both to new and existing lines.



MECCPOLIMI AL MEETMETO-NIGHT 2019

Anche quest'anno il Politecnico di Milano e il nostro Dipartimento hanno partecipato alla Notte Europea dei Ricercatori, l'appuntamento annuale per diffondere la cultura della ricerca a cittadine e cittadini di ogni età, che si è svolto ai Giardini Indro Montanelli di Milano il 27 e 28 settembre.

MECCPOLIMI AT MEETMETO-NIGHT 2019

Politecnico di Milano and MeccPolimi participated to 2019 European Researchers' Night, the annual appointment to disseminate scientific and research culture to citizens of all ages, hosted at Giardini Indro Montanelli in Milan on September 27th and 28th.



DELEGAZIONE MECCPOLIMI IN VISITA A QINGDAO: PROSEGUE LA COLLABORAZIONE CON CRRC SIFANG

È stato siglato a inizio settembre un nuovo accordo di collaborazione strategica tra CRRC Sifang, leader mondiale nella produzione di veicoli ferroviari (dai treni ad alta velocità ai veicoli per il trasporto metropolitano) e il Dipartimento di Meccanica, alla presenza del vicepresidente di CRRC, dr. Ma Lijun, e del prof. Marco Bocciolone, Direttore MeccPolimi.

A DELEGATION OF MECCPOLIMI AT QINGDAO TO DEVELOP COLLABORATION WITH CRRC SIFANG

A new strategic collaboration agreement was signed at the beginning of September between CRRC Sifang, world leading company in the production of railway vehicles (from high-speed trains to local transport vehicles) and the Department of Mechanical Engineering, in the presence of CRRC vice-president, dr. Ma Lijun, and of prof. Marco Bocciolone, Head of MeccPolimi.



IL PROF. PANAGIOTIS TSIAMIRTZIS SI UNISCE ALLA FAMIGLIA MECCPOLIMI

Siamo lieti di accogliere tra noi Panagiotis Tsiamyrtzis, docente della sezione di Tecnologie Meccaniche e Produzione del Dipartimento di Meccanica.

PROF. PANAGIOTIS TSIAMIRTZIS JOINS MECCPOLIMI

We are pleased to welcome Professor Panagiotis Tsiamyrtzis as a new Faculty member of the Manufacturing and Production Systems research group of the Department of Mechanical Engineering.



AL VIA IL 35° CICLO DI DOTTORATO DEL POLITECNICO DI MILANO: BENVENUTA CLASSE DEL 2022!

41 nuovi dottorandi e dottorande di ricerca si sono riuniti nei giorni scorsi al MeccPolimi per dare avvio al 35° ciclo del programma di Dottorato in Ingegneria Meccanica. Si tratta di un numero nuovamente in crescita rispetto agli ingressi del novembre 2018 (+14%), con una percentuale stabile di profili internazionali, pari al 22%. I nostri nuovi giovani ricercatori e ricercatrici sono stati accolti dal Coordinatore e dai dottorandi già in forza al Dipartimento, oltre 80 attualmente al 2° e 3° anno, per brindare all'inizio di questa nuova e importante tappa della loro carriera.

Benvenuti nella comunità MeccPolimi!

THE 35TH DOCTORAL CYCLE OF POLITECNICO DI MILANO IS NOW OFFICIALLY OPEN: WELCOME CLASS OF 2022!

41 new PhD candidates have been welcomed at MeccPolimi these past few days to kick off the 35th cycle of our Department's Doctoral Programme. Within this call we are managing a greater intake of fellow candidates, if compared to November 2018 (+14%), with a percentage of international PhDs currently standing at 22%, with no significant change with respect to last year. Our new young researchers gathered at the Department for a welcome meeting with the Coordinator and fellow colleagues already in force (80 PhDs overall are currently in their 2nd and 3rd year of activity at MeccPhD), to celebrate the beginning of this crucial step of their career.

Welcome to the MeccPolimi community!



INCONTRO CON L'ADVISORY BOARD MECCPOLIMI

Lo scorso 9 ottobre l'Advisory Board del Dipartimento di Meccanica si è riunito presso il campus Bovisa per approfondire insieme alla Direzione MeccPolimi le prossime azioni strategiche condivise, mirate in particolare al coinvolgimento della comunità di Alumni meccanici. Durante l'incontro, il secondo del 2019, il Board ha visitato alcuni spazi dei laboratori dipartimentali e la Galleria del Vento dell'Ateneo. Il nostro AB, Nato nel 2017, conta oggi 11 membri, tutti Alumni del Politecnico di Milano, che ricoprono posizioni chiave nel mondo produttivo e imprenditoriale.

MEETING WITH THE MECCPOLIMI ADVISORY BOARD

On October 9th the Advisory Board of the Department of Mechanical Engineering gathered in Bovisa campus to discuss with MeccPolimi future strategies and actions, with specific focus on the involvement of the Mechanical Engineering Alumni community. During the meeting, the second in 2019, the Board visited a selection of the departmental laboratories and the Wind Tunnel of Politecnico. Our AB, active since 2017, is composed by 11 members, all Alumni of the University, currently holding key positions in the productive and entrepreneurial world.



ELETTRIFICAZIONE DEGLI AUTOVEICOLI: IL CONVEGNO DEL PROGETTO INPROVES AL DIPARTIMENTO DI MECCANICA

Il progetto di Regione Lombardia e della Comunità Europea INPROVES (Integrazione di prodotto e processo per la realizzazione di motori elettrici per veicoli stradali) entra nel terzo anno di attività. In occasione del convegno ospitato presso il Dipartimento di Meccanica sono stati resi noti i risultati legati alla progettazione dei motori brushless a magneti permanenti per sistemi innovativi di trazione e i sistemi frenanti brake-by-wire.

VEHICLE ELECTRIFICATION: IMPROVES CONFERENCE AT THE DEPARTMENT OF MECHANICAL ENGINEERING

The regional/EU project INPROVES (Integration of product and process for the manufacturing of electric motors for road vehicles), funded by Regione Lombardia, is now entering its third year of activity. During the conference hosted at the Department of Mechanical Engineering, the partners announced the new results related to the design motors with permanent magnets for innovative traction systems and brake-by-wire braking systems.



Stati Generali dell'Ingegneria a Milano
La _concordia alle Olimpiadi.
29/30 novembre 2019

STATI GENERALI DELL'INGEGNERIA A MILANO: DA LEONARDO ALLE OLIMPIADI

Il Politecnico di Milano, insieme all'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Milano e in collaborazione con il Museo Nazionale della Scienza e della Tecnologia Leonardo da Vinci, ha partecipato lo scorso Novembre alla due giorni di approfondimento e dibattito dedicati alla mobilità, alle infrastrutture e alla sicurezza informatica, e alla progettazione di smart city per la cultura e per il turismo. Renato Mazzoncin, docente MeccPolimi, ha proposto un focus sulla Trasformazione digitale dei sistemi e delle infrastrutture tecnologiche nel Trasporto Pubblico Locale: le nuove linee Metro e di Superficie, legato al territorio milanese e alla sua specificità nel panorama nazionale.

"STATI GENERALI" OF ENGINEERING DISCIPLINES IN MILAN: FROM LEONARDO TO THE OLYMPICS

Politecnico di Milano, together with the Order of Engineers of the Province of Milan and in collaboration with the Leonardo da Vinci National Museum of Science and Technology, participated last November to a two-day event dedicated to mobility, infrastructures and cyber security, and to the design of smart cities for culture and tourism. Renato Mazzoncin, professor at MeccPolimi, offered his focus on the Digital transformation of technological systems and infrastructures in the local public transport: the new metro and surface lines, providing a specific insight on the city of Milan.



7286

VIA PRIVATA

GIUSEPPE LA MASA

GARIBALDINO 1819 - 1881

|||||

In copertina
Jonathan Guaitamacchi
"Epi-Genesi" - 2020
Tecnica mista su PVC
cm 150 x 200

Politecnico di Milano
Dipartimento di Meccanica
Campus Bovisa Sud
Via La Masa, 1
20156 Milano
Tel. 02.23998500
Fax. 02.23998202

www.mecc.polimi.it

meccanica magazine

