

# *Industria 4.0 e Dottorati Industriali*

*Dall'opportunità alla sinergia.*

*Un punto di incontro tra le richieste del mondo della produzione e le proposte dell'istituzione culturale*



**SAPIENZA**  
UNIVERSITÀ DI ROMA

**DIAEE**

Dipartimento di Ingegneria  
Astronautica, Elettrica ed Energetica

**Industria 4.0** (ora **Impresa 4.0**: si guarda anche ai servizi!) è una **iniziativa governativa per supportare gli investimenti per l'innovazione nel sistema produttivo.**

**Il Dottorato di Ricerca Industriale** è una **forma congiunta di didattica e ricerca** che vede l'industria come componente non consultivo ma fondante, con responsabilità didattiche e amministrative.

È evidente la possibilità di sinergia tra le due strutture.

# Obiettivi

## Tavolo di discussione e confronto su:

- Strategie di interesse comune università - impresa nell'ottica di sviluppo e implementazione di «Industria 4.0»
- Ruolo del Dottorato di Ricerca e del Dottorato di Ricerca Industriale nella sfida «Industria 4.0»
- Curriculum formativi innovativi mirati a rispondere alle nuove esigenze delle imprese e alle politiche «Industria 4.0»

# Con la partecipazione di

- Angelo CARLINI (*ASSISTAL*)
- Massimo CRESTA (*ASM*)
- Alessandro FOCARACCI (*PROMETEO ENGINEERING*)
- Pietro Maria PUTTI (*GME*)
- Massimo REBOLINI (*TERNA - CIGRE ITALIA*)

# DIAEE

## DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA ASTRONAUTICA, ELETTRICA ED ENERGETICA

Prof. Maria Sabrina Sarto

Direttore DIAEE

Prorettore Infrastrutture e Strumenti per la Ricerca di Eccellenza

# DIAEE

## Dipartimento di Ingegneria Astronautica, Elettrica ed Energetica

- Costituito nel 2010, con l'obiettivo di creare sinergie nei diversi ambiti dell'ingegneria astronautica e aerospaziale, dell'ingegneria elettrica, dell'ingegneria energetica e nucleare, della fisica tecnica, delle nanotecnologie, dell'energia.
- **4 sezioni di ricerca:**

Sezione  
Ingegneria  
Astronautica

Sezione Fisica  
Tecnica

Sezione  
Ingegneria  
Elettrica

Sezione  
Ingegneria  
Nucleare

# DIAEE

- 3 sedi a Roma:
  - Via Eudossiana 18
  - Via Salaria 851
  - Palazzo Baleani (in fase di trasferimento)
- 1 sede a Malindi (Kenya): Broglio Space Center (in gestione ad ASI)
- 50 professori e ricercatori;
- 40 personale TAB;
- oltre 30 tra dottorandi e assegnisti di ricerca

# DIAEE

## Didattica e alta formazione:



- Due corsi di **laurea di primo livello** (triennale): Elettrica ed Energetica
- Due corsi di **laurea magistrale** (quinquennale): Elettrica ed Energetica
- Un corso di **laurea magistrale internazionale** (biennale): STEPS
- **Master universitari** di primo e secondo livello
- Corsi di **specializzazione** e di **alta formazione**
- **3 Dottorati di Ricerca**: Energia e Ambiente; Scienza e Tecnologia dei Sistemi Complessi; Ingegneria Elettrica, dei Materiali e delle Nanotecnologie

## Ricerca e trasferimento tecnologico:

- 20 laboratori didattici e di ricerca

Centro di Calcolo  
*Dirigente: Ezio Santini*  
*Preposti:-*

Laboratori o di EMC (Compatibilità Elettromagnetica – Nanotecnologie)  
*Dirigente: Maria Sabrina Sarto*  
*Preposti: Giovanni De Bellis, Alessio Tamburrano*

Laboratori o di Alte tensioni e Laboratorio di Tecnologie elettriche  
*Dirigente: Massimo Pompili*  
*Preposti:-*

Laboratori o di Progettazione impianti elettrici di MT e BT  
*Dirigente: Luigi Martirano*  
*Preposti:-*

Laboratori o di Misure elettroniche  
*Dirigente: Luca Podestà*  
*Preposti:-*

Laboratori o di Macchine e Azionamenti elettrici  
*Dirigente: Federico Attilio Caricchi*  
*Preposti:-*

Laboratori o di Metodi e strumentazioni di misura  
*Dirigente: Silvia Sangiovanni*  
*Preposti:-*

Laboratorio di Impianti Elettrici  
*Dirigente: Luigi Martirano*  
*Preposti:-*

Officina meccanica  
*Dirigente: Coordinatore di sezione – Ezio Santini*  
*Preposti: David Berto*

Laboratorio di Sistemi Aerospaziali  
*Dirigente: Fabio Santoni*  
*Preposti:-*

Laboratorio di Missioni Spaziali (Analisi di missione – Vele solari e Manufacturing)  
*Dirigente: Christian Circi*  
*Preposti:-*

Laboratorio SAS Lab (Processi tecnologici di materiali aerospaziali – Calcolo di struttura - SEM e Analisi termiche)  
*Dirigente: Susanna Laurenzi*  
*Preposti:-*

Laboratorio Termoidraulica Sperimentale e per la Didattica  
*Dirigente Luisa Ferroni*  
*Preposti -*

Laboratorio di Calcolo per la Didattica  
*Dirigente Gianfranco Caruso*  
*Preposti -*

Laboratorio di Modellistica numerica

*Dirigente: Massimo Corcione*  
*Preposti:-*

Laboratorio di Heat Transfer

*Dirigente: Claudio Cianfrini*  
*Preposti:-*

Laboratorio di Illuminotecnica ed energia raggiante

*Dirigente: Fabio Bisegna*  
*Preposti:-*

Laboratori o di Acustica

*Dirigente: Massimo Coppi*  
*Preposti:-*

Laboratorio di Qualità dell'aria

*Dirigente: Andrea Vallati*  
*Preposti:-*

Laboratorio di Impianto di cogenerazione energia

*Dirigente: Livio De Santoli*  
*Preposti:-*

# DIAEE: ambiti scientifico-disciplinari e linee di ricerca

MECCANICA DEL  
VOLO

COSTRUZIONI E  
STRUTTURE  
AEROSPAZIALI

SISTEMI  
AEROSPAZIALI E  
SATELLITI

FISICA TECNICA  
INDUSTRIALE E  
AMBIENTALE

IMPIANTI NUCLEARI

INGEGNERIA  
ENERGETICA

ENERGIA

ELETTROTECNICA E  
COMPATIBILITA'  
ELETTROMAGNETICA

NANOTECNOLOGIE

CONVERTITORI,  
MACCHINE E  
AZIONAMENTI  
ELETTRICI

SISTEMI ELETTRICI  
PER L'ENERGIA

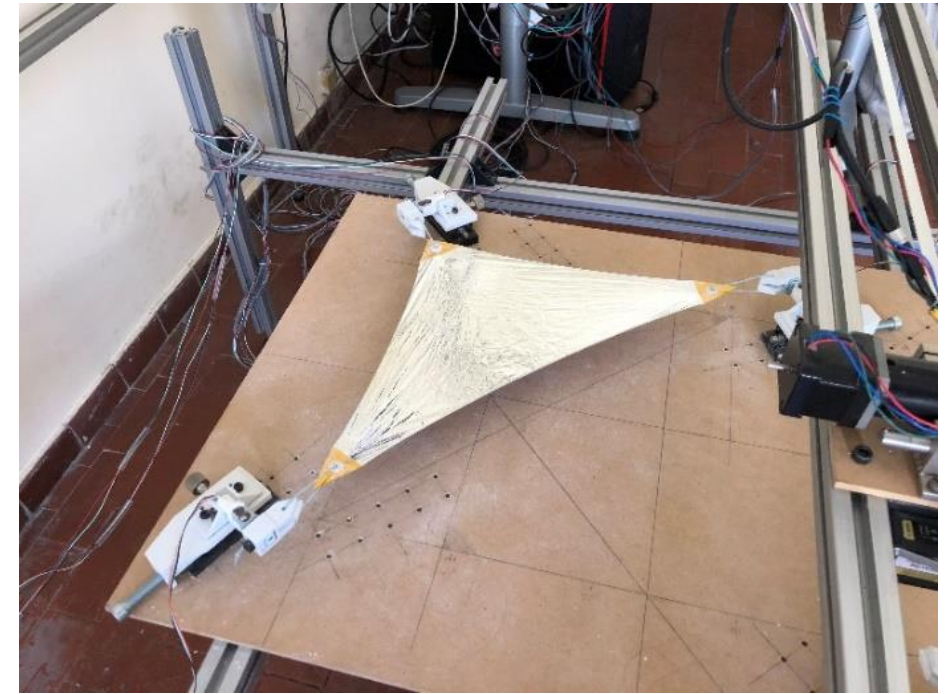
MISURE ELETTRICHE E  
ELETTRONICHE

# MECCANICA DEL VOLO

Le attività del gruppo riguardano  
il progetto delle **traiettorie dei veicoli spaziali**  
(lanciatori, satelliti, sonde)

Particolare attenzione è rivolta alle seguenti tematiche:

- Analisi di missione per lanciatori e satelliti in orbita terrestre
- Analisi di missioni lunari, interplanetarie e verso asteroidi
- Algoritmi di ottimizzazione delle traiettorie
- Progetto di costellazioni per l'osservazione planetaria
- Propulsione di sonde con vele solari fotoniche
- Algoritmi di guida dei veicoli spaziali
- Dinamica d'assetto dei veicoli spaziali

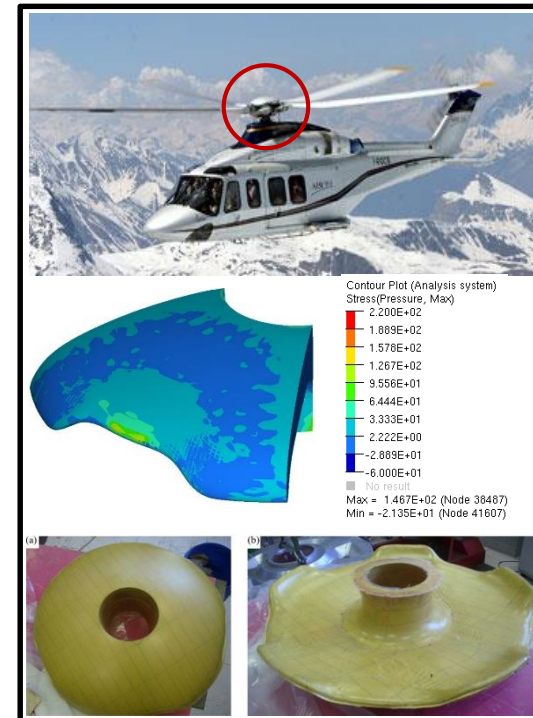
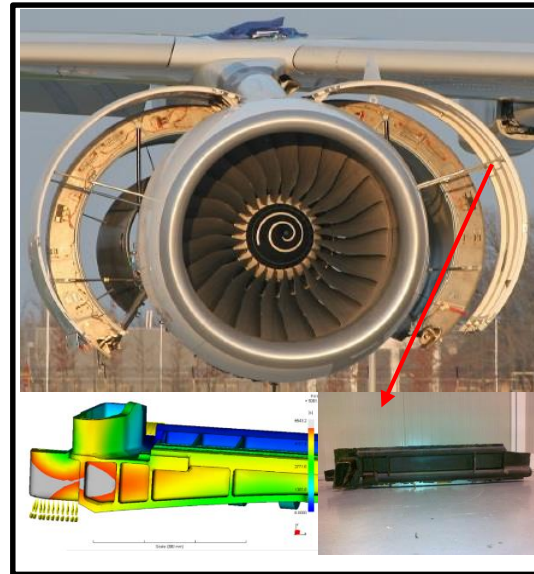
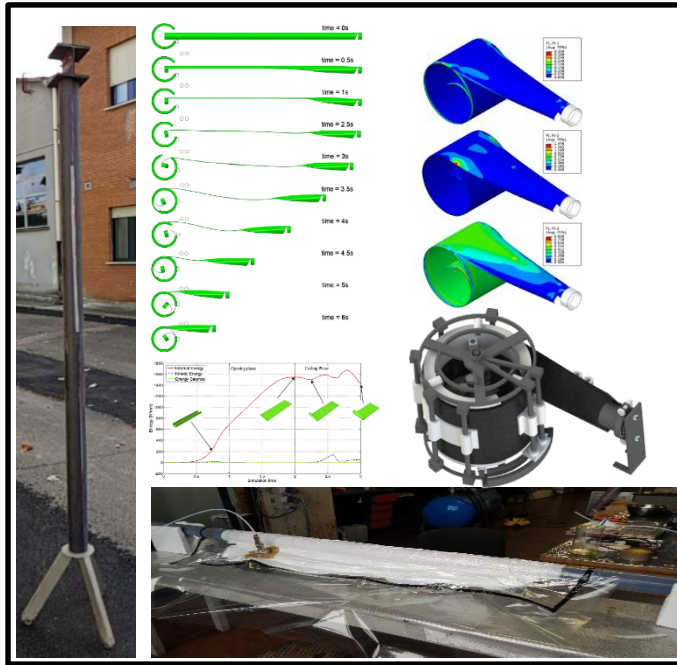


Prototipo in scala di una vela solare  
presso il DIAEE per lo studio dei  
modelli di spinta

# COSTRUZIONI E STRUTTURE AEROSPAZIALI

## Linee di Ricerca

- Progettazione e prototipazione di strutture aerospaziali
- Studio e sviluppo di processi tecnologici per componenti aerospaziali
- Sviluppo di nuovi materiali compositi (radiation shielding) e real-time radiation detectors per le missioni umane nello spazio



# FISICA TECNICA INDUSTRIALE E AMBIENTALE ed ENERGIA

**DIGITALIZZAZIONE DELL'ENERGIA** - Le tecnologie digitali impattano sul mercato elettrico attraverso l'interconnessione tra:

- ☐ Smart demand response; flessibilità della domanda
- ☐ Integrazione delle FER; autoconsumo dei SEU; smart metering
- ☐ Smart charging per EVs

**INTELLIGENT TRANSPORT SYSTEMS (ITS):**

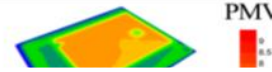
- ☐ Connettività e interconnessione, combinate con elettrificazione e decentralizzazione
- ☐ Mobilità condivisa e Automazione

**SMART ENERGY SYSTEMS (SES)**

- ☐ Microgenerazione distribuita: bilanciamento domanda-offerta
- ☐ Gestione delle microgrid locali: sicurezza, adeguatezza ed affidabilità
- ☐ Gestione degli storage
- ☐ Power-to-gas, biometano e idrogeno

# FISICA TECNICA E AMBIENTALE

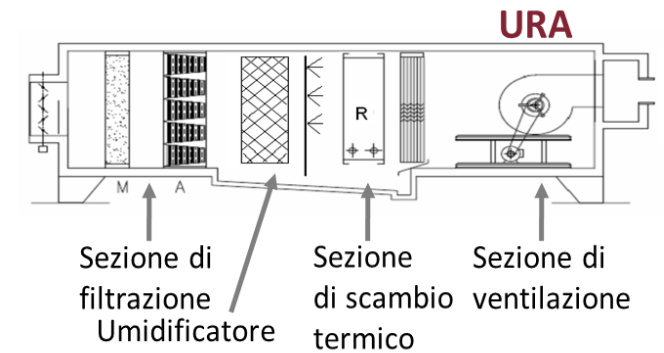
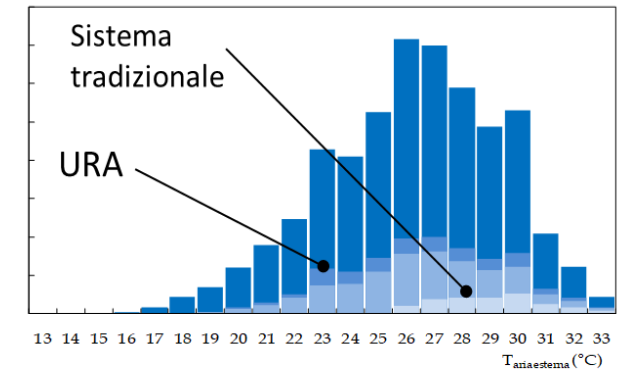
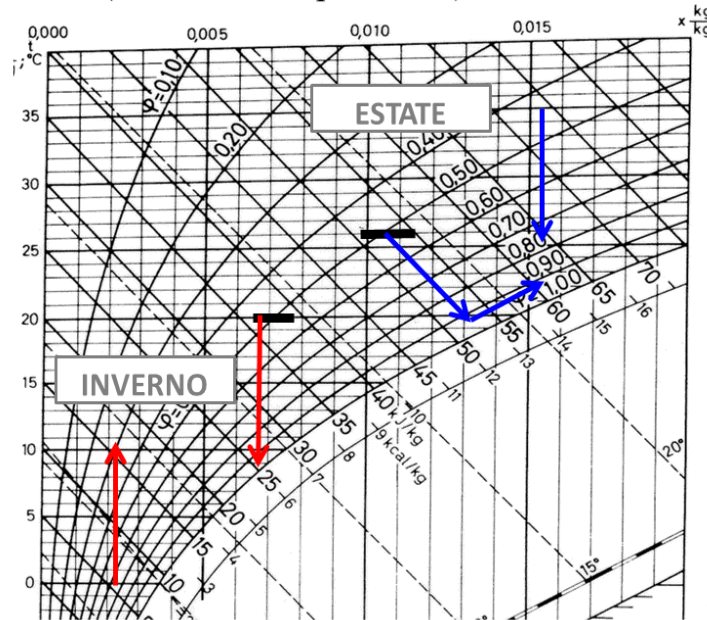
BENESSERE TERMOIGROMETRICO OUTDOOR



APPLICAZIONI DI TERMOFLUIDODINAMICA

EFFICIENZA ENERGETICA DI IMPIANTI DI CLIMATIZZAZIONE

Sviluppo e analisi di sistemi di recupero di calore per impianti di climatizzazione ad aria mediante URA (Unità di Recupero Aria).



# IMPIANTI NUCLEARI ED ENERGETICI

- **Progettazione di sistemi attivi e passivi per i sistemi nucleari/energetici e per il trasferimento del calore negli impianti in condizioni di emergenza**
- Studi di fattibilità di componenti e sistemi innovativi per la sicurezza
- Progettazione di sezioni di prova per studi di termoidraulica avanzata
- Studi di neutronica e calcoli di attivazione
- Modellazione e simulazione di sistemi impiantistici complessi
- Analisi di rischio - Analisi degli incidenti
- Analisi termoidrauliche di sistema – Sviluppo codici
- Studi di base sui meccanismi di trasferimento del calore in condizioni di elevati flussi termici
- Analisi di sicurezza negli impianti nucleari a fissione e a fusione
- Studi sullo smantellamento delle centrali nucleari
- Termofluidodinamica (CFD) e magnetoidrodinamica (MHD) dei metalli liquidi (reattori di IV Generazione e reattori a fusione)

Le ricerche vengono svolte in collaborazione con importanti centri nazionali ed internazionali, anche in ambito EURATOM (H2020): ENEA (Centri di Frascati, Casaccia, Bologna e Brasimone), SOGIN, SCK-CEN (Belgio), CEA e IRSN (Francia), KIT (Germania), INL e MIT (Stati Uniti), Univ. di Kyoto (Giappone), ASIPP (China).



SAPIENZA

Sapienza Università di Roma

Facoltà di Ingegneria Civile e Industriale

Dipartimento di Ingegneria Astronautica, Elettrica ed Energetica

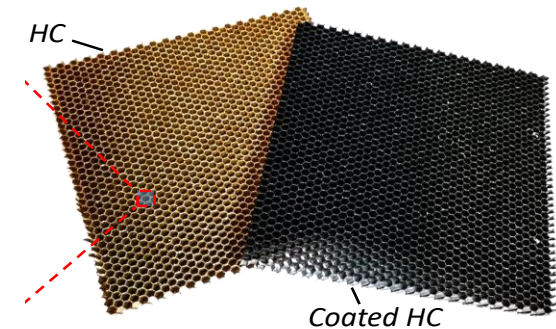
« INDUSTRIA 4.0 E DOTTORATI DI RICERCA INDUSTRIALI »

**INDUSTRIA 4.0 E DOTTORATI DI RICERCA INDUSTRIALI**

Roma, 11 Maggio 2018

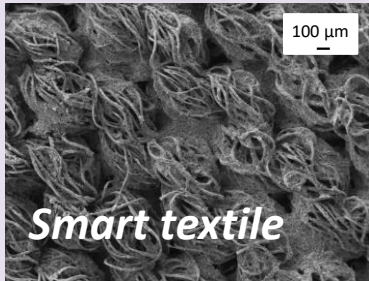
# ELETTROTECNICA E COMPATIBILITA' ELETTRICA

- Modellistica elettrica ed elettromagnetica
- Schermatura elettromagnetica: progetto, modellistica, realizzazione e caratterizzazione
- Inquinamento elettromagnetico ambientale
- Materiali radar assorbenti
- Automotive EMC
- Aerospace EMC

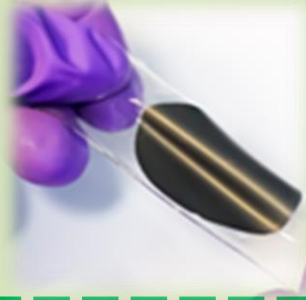


## EM SHIELDING / FLEXIBLE ELECTRONICS

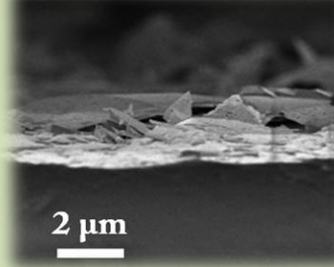
GNP flexible  
paper



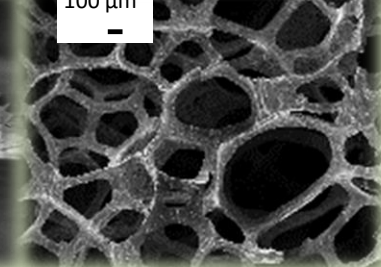
Stretchable electric  
conducting PDMS



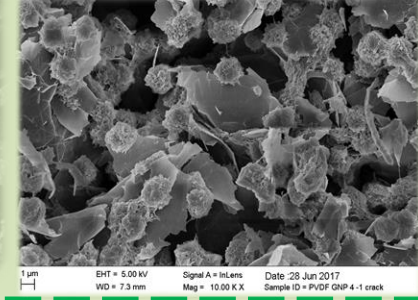
GNP binder-free  
coating



Graphene-polymer  
foam



Graphene-PVDF  
hydrogel

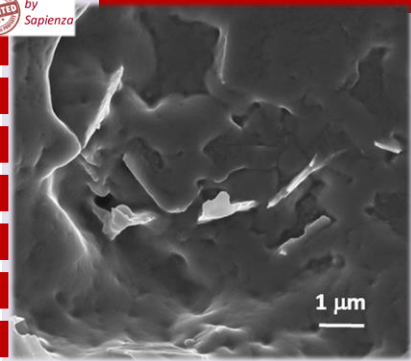


## STRAIN SENSING / ABSORBERS

# NANOTECHNOLOGIE

@ diaee

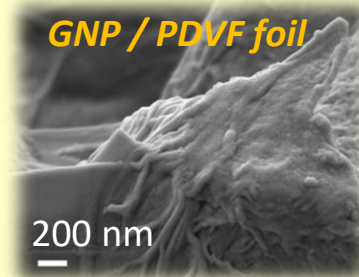
## DENTAL ADHESIVE



ZnO- decorated  
GNP



GNP / PDVF foil

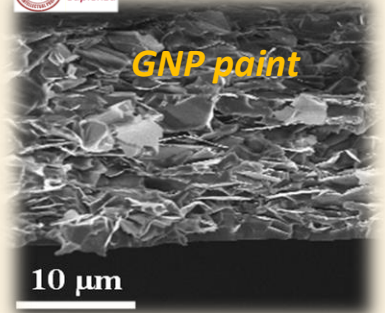


## ENERGY HARVESTING / SENSING

## RADAR ABSORBING MATERIALS



GNP paint



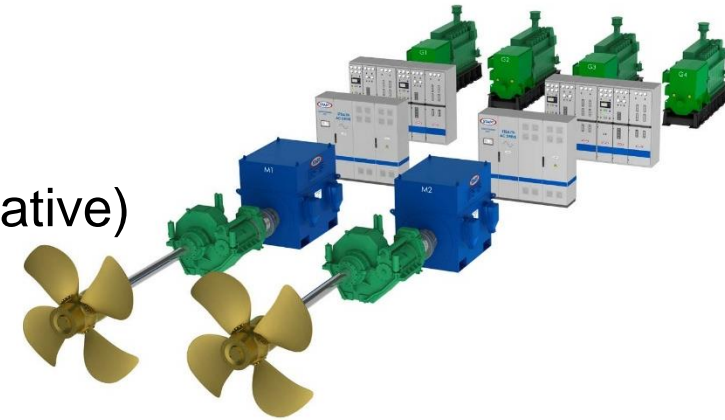
GNP epoxy  
composite



# CONVERTITORI, MACCHINE E AZIONAMENTI ELETTRICI

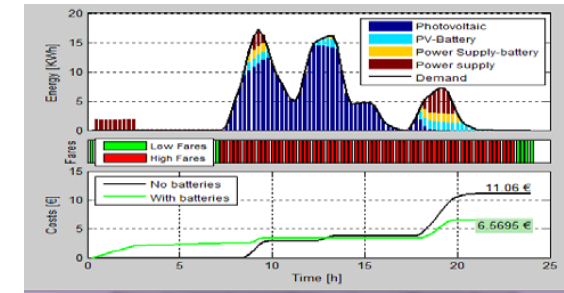
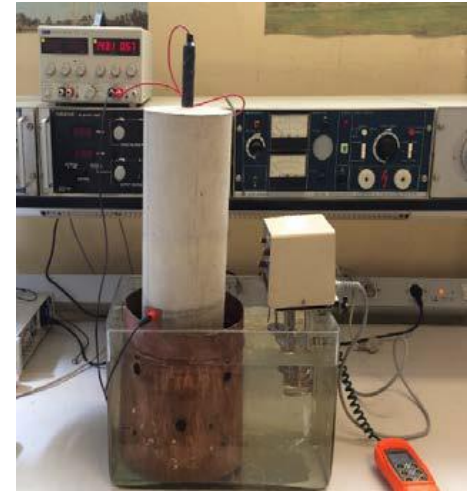
Le attività del gruppo riguardano la progettazione, le tecnologie, la caratterizzazione, l'impiego e l'integrazione delle azioni meccaniche dovute a forze di natura elettrica e magnetica

- macchine elettriche, sensori ed attuatori elettrici
- componenti elettronici di potenza e convertitori relativi
- materiali elettrici ed elettronici
- conversione elettromeccanica ed elettronica dell'energia
- sfruttamento efficiente delle fonti di energia (sia tradizionali che alternative)
- processi di automazione, trattamento e lavorazione dei materiali, movimentazioni
- forza motrice per la movimentazione e per trasporti elettrici o ibridi (terrestri, marini, aerei, spaziali)



# SISTEMI ELETTRICI PER L'ENERGIA

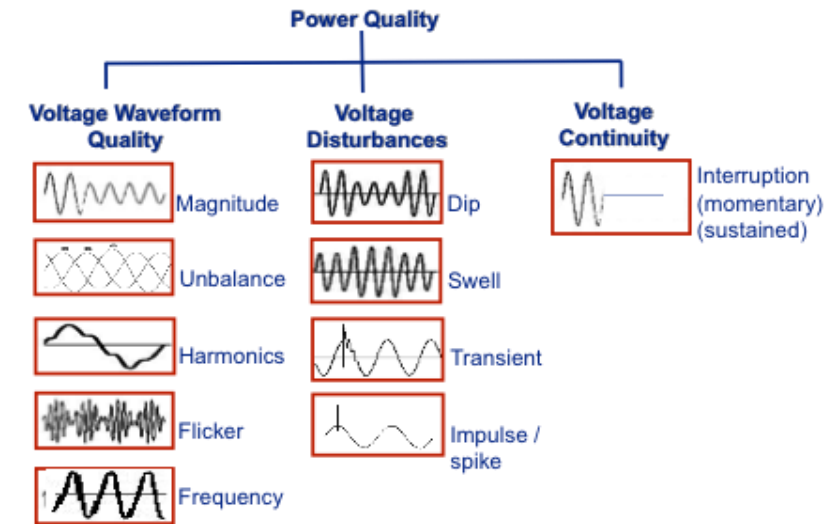
- **E – Mobility** : sistemi ferroviari elettrificati in c.c. e c.a. (nuove tecnologie e efficienza energetica), nuovi layout di reti elettriche di distribuzione per le grandi navi «all electric e hybrid»;
- **Esercizio e protezione reti pubbliche** di media tensione con generazione distribuita
- **Fluidi isolanti innovativi** (esteri naturali in alternativa agli oli minerali)
- **Trasmissione in altissima tensione** in alternata e in continua
- **Microgrid e modelli di aggregazione per smart building** multi unità (MURB) e edifici a energia quasi zero (NZEB) con generazione, accumulo e building automation control systems (BACS).
- **Supervisione, monitoraggio, smart metering, building energy management systems (BEMS) e demand side management (DSM).**
- **Resilienza e business continuity** nelle reti elettriche
- **Sicurezza elettrica e impianti di terra.**
- Impianti di illuminazione ad alta efficienza e sistemi di regolazione ad elevata tecnologia.
- Applicazioni domotiche.



# MISURE ELETTRICHE E ELETTRONICHE

## PRINCIPALI TEMI DI RICERCA:

- Tecniche impedenziometriche per il monitoraggio nei pazienti dell'attività respiratoria, dell'attività cardiaca e del reflusso gastrico.
- Sistemi di acquisizione dati
- Power Quality
- Reti di sensori

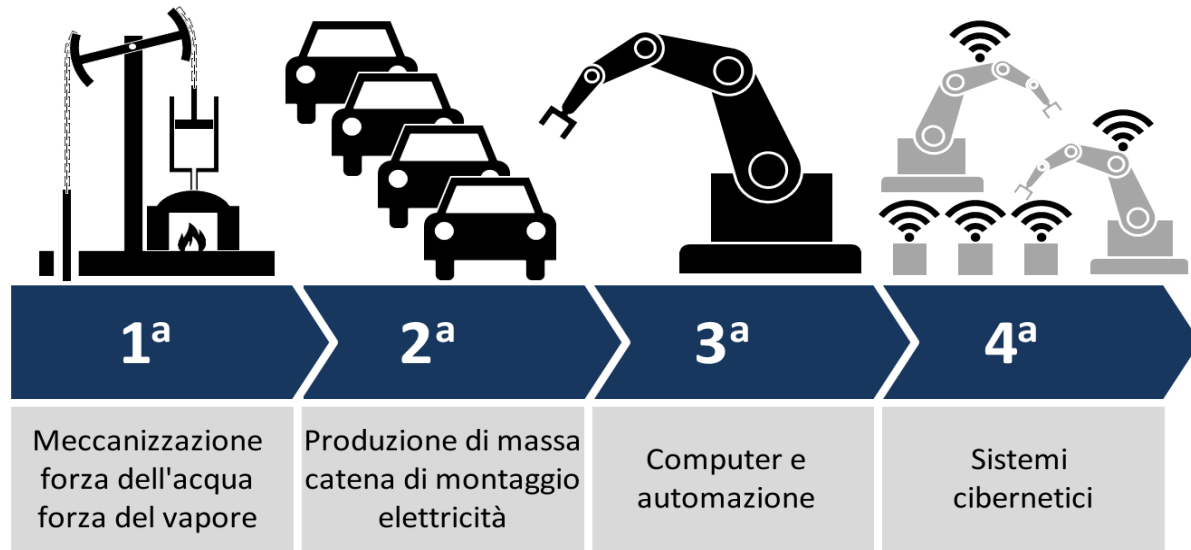


# INDUSTRIA 4.0

Prof. Ezio Santini

Coordinatore Sezione Ing. Elettrica - DIAEE

# Industria 4.0



Dal **tedesco Industrie 4.0** è attribuita la paternità a H. Kagermann, W.D. Lukas e W. Wahlster che lo impiegano per preannunciare lo **Zukunftsprojekt Industrie 4.0**. Alla fine del 2013, il progetto per l'industria del futuro Industrie 4.0 prevedeva investimenti su:

**infrastrutture, scuole, sistemi energetici, enti di ricerca e aziende per ammodernare il sistema produttivo tedesco**

La chiave di volta dell'Industry 4.0 sono i [sistemi ciberfisici](#) sistemi fisici strettamente connessi con i sistemi informatici che possono interagire e collaborare con altri sistemi ciberfisici. E' la base della decentralizzazione e della collaborazione tra i sistemi.

L'industria 4.0 passa per il concetto di [smart factory](#) che si compone di **3 parti**:

- ➡ **1- Smart production**: nuove tecnologie produttive che creano collaborazione tra tutti gli elementi della produzione (operatore, macchine e strumenti)
- ➡ **2- Smart services**: tutte le "infrastrutture informatiche" e tecniche che permettono di integrare i sistemi (fornitore – cliente; strade, hub, gestione dei rifiuti, ecc.)
- ➡ **3- Smart energy**: occhio attento ai consumi energetici, sistemi più performanti e riducendo gli sprechi di energia (Energia sostenibile)

# Piano nazionale Industria 4.0 (Impresa 4.0)

Il Piano nazionale Industria 4.0 (ora Impresa 4.0) è l'occasione per tutte le aziende che vogliono cogliere le opportunità legate alla quarta rivoluzione industriale.

Il Piano prevede misure concrete in base a tre principali linee guida:

- operare in una logica di neutralità tecnologica
- intervenire con azioni orizzontali e non verticali o settoriali
- agire su fattori abilitanti

Sono state potenziate e indirizzate in una logica 4.0 tutte le misure che si sono rivelate efficaci e, per rispondere pienamente alle esigenze emergenti, ne sono state previste di nuove.

# Piano nazionale Industria 4.0 (Impresa 4.0) - 2

## Le principali azioni

### Iper e Super Ammortamento

Investire per crescere

### Nuova Sabatini

Credito all'innovazione

### Fondo di Garanzia

Ampliare le possibilità di credito

### Credito d'imposta R&S

Premiare chi investe nel futuro

### Startup e PMI innovative

Accelerare l'innovazione

### Patent box

Dare valore ai beni immateriali

### Centri di competenza ad alta specializzazione

Tecnologie avanzate per le imprese

# **DOTTORATO DI RICERCA INDUSTRIALE**

**Prof.ssa Regina Lamedica**

Coordinatore Dottorato di Ricerca «Scienza e Tecnologie dei Sistemi Complessi» - DIAEE

# Dottorato di ricerca

Decreto Presidente Repubblica 11 novembre **1980**: Riordinamento della docenza universitaria, relativa fascia di formazione *nonché sperimentazione organizzativa e didattica*, con l'obiettivo di creare un momento preparatorio **per la carriera accademica**,

**Il dottorato smette le vesti di “tirocinio accademico”** e si apre ai nuovi principi di internazionalizzazione e collaborazione con le imprese con la riforma Berlinguer del **1998**.

La riforma precede il processo di Bologna del 1999 (riforma internazionale dei sistemi di istruzione superiore dell'Unione europea che si propone di realizzare, entro il 2010, lo Spazio europeo dell'istruzione superiore (EHEA – European Higher Education Area, , 29 ministri dell'istruzione europei si erano incontrati il 18 e 19 giugno) in quanto a livello europeo i ministri della pubblica istruzione si erano incontrati nel 1997 alla convenzione di Lisbona e a Parigi nel 1998 dove avevano redatto la dichiarazione della Sorbona.

# Dottorato industriale

- In Italia nasce nel “2008”, a valle dell’accordo siglato tra la CRUI e la Confindustria
- 8 febbraio 2013- esce il decreto Profumo che, oltre a stabilire le regole per l’accreditamento dei corsi di studio e di dottorati e fissarne i requisiti, istituisce i dottorati industriali.

# Dottorato industriale

ART. 11 -*Dottorato in collaborazione con le imprese, dottorato industriale e apprendistato di alta formazione*

1. Le università possono attivare **corsi di dottorato, previo accreditamento ai sensi dell'articolo 3, in convenzione con imprese** che svolgono attività di ricerca e sviluppo.
2. Le università possono altresì **attivare corsi di dottorato industriale** con la possibilità di **destinare una quota dei posti disponibili, sulla base di specifiche convenzioni, ai dipendenti di imprese** impegnati in attività di elevata qualificazione, che sono ammessi al dottorato a seguito di superamento della relativa selezione.
3. Le convenzioni finalizzate ad attivare i percorsi di cui ai commi 1 e 2 stabiliscono, tra l'altro, le modalità di svolgimento delle attività di ricerca presso l'impresa nonché, relativamente ai posti coperti da dipendenti delle imprese, la ripartizione dell'impegno complessivo del dipendente e la durata del corso di dottorato.
4. Resta in ogni caso ferma la possibilità, prevista dall'articolo 5 del decreto legislativo 14 settembre 2011, n. 167, di attivare **corsi di dottorato in apprendistato con istituzioni esterne e imprese**. I contratti di apprendistato, nonché i posti attivati sulla base delle convenzioni di cui ai commi 1 e 2, sono considerati equivalenti alle borse di dottorato ai fini del computo del numero minimo necessario per l'attivazione del corso.
5. Per i dottorati di cui ai commi 1 e 2, fermo restando quanto previsto dagli articoli da 2 a 5, i regolamenti dei corsi di dottorato possono tra l'altro prevedere una scadenza diversa per la presentazione delle domande di ammissione e l'inizio dei corsi nonché modalità organizzative delle attività didattiche dei dottorandi tali da consentire lo svolgimento ottimale del dottorato.