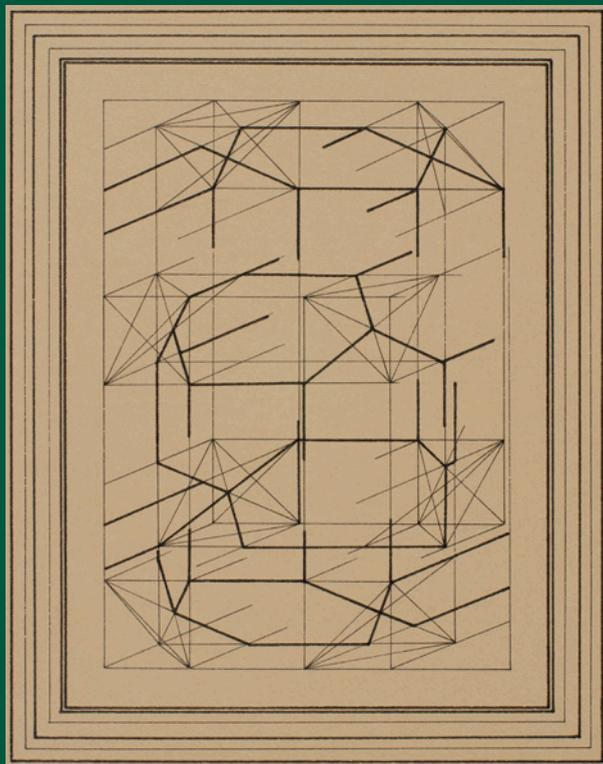




MENS AGITAT
— Colloquia —

Lo sviluppo nel dopoguerra dell'Ingegneria all'Università di Bologna: maestri e futuro



a cura di Ezio Mesini e Carlo Alberto Nucci

Bologna
University Press



MENS AGITAT
— *Colloquia* —

Fondazione Bologna University Press
Via Saragozza 10 – 40123 Bologna
tel. (+39) 051 232 882
fax (+39) 051 221 019

www.buonline.com
email: info@buonline.com

© 2023 Autori

Opera pubblicata con licenza CC BY-4.0

ISBN: 979-12-5477-321-5
ISBN online: 979-12-5477-322-2
DOI: 10.30682/9791254773222

In copertina: Lucio Saffaro, *Riunione degli otto vertici tagliati del cubo. Tractatus Logicus Prospecticus*, 1966 (Fondazione Saffaro, Bologna)

Coordinamento editoriale: Angela Oleandri

Impaginazione: DoppioClickArt (San Lazzaro di Savena - BO)

Prima edizione: settembre 2023

Lo sviluppo nel dopoguerra dell'Ingegneria all'Università di Bologna: maestri e futuro

Bologna, 8 aprile 2022

a cura di Ezio Mesini e Carlo Alberto Nucci

Sommario

- 7 Premessa
Walter Tega
- 9 Presentazione della Giornata
Ezio Mesini, Carlo Alberto Nucci
- 17 Saluto del Magnifico Rettore dell'Alma Mater Studiorum - Università
di Bologna
Giovanni Molari
- 19 Saluto dell'Assessore alla Scuola, Università, Ricerca e Agenda
digitale della Regione Emilia-Romagna
Paola Salomoni
- 21 Ricordo dei maestri e testimonianze degli allievi
Moderatore *Gabriele Falciasecca*
- RICORDI DEI MAESTRI
- 29 Ricordo di Ercole De Castro
Giorgio Bacarani
- 41 Ricordo di Giuseppe Evangelisti
Claudio Melchiorri
- 59 Piero Pozzati. Un Maestro dell'Ingegneria
Pier Paolo Diotallevi

- PANEL
- 69 Il passato, il presente e il futuro: un confronto sulla formazione degli ingegneri
- 71 Parte I - L'importanza della formazione ricevuta e la sua applicabilità nel mondo del lavoro
Moderatore *Giulio Cesare Sarti*
- 87 Parte II - L'importanza del connotato multidisciplinare dell'insegnamento ingegneristico
Moderatore *Maurelio Boari*
- 104 Brevi note biografiche dei panelist
- 113 L'edificio per la Facoltà di Ingegneria dell'Università di Bologna
Giuseppe Vaccaro

Premessa

Le storie generali di Bologna, anche le più recenti, hanno dedicato un modesto rilievo all'Università con il risultato di mettere in secondo piano uno degli elementi che le hanno conferito una dimensione e una fama internazionali. Quelle dedicate in particolare a questa presenza, lo hanno fatto illustrando la sua vicenda istituzionale, l'eterogenea provenienza degli studenti di altre città e di altri paesi e l'eccellenza dei suoi maestri. Solo alcune hanno sottolineato l'intensa attività scientifica che si è svolta per secoli nei suoi laboratori e nelle sue biblioteche. Per chi intende raccontare la vera storia della nostra università è decisivo intrattenersi a lungo e dettagliatamente su questo argomento. I pochi studi che vi si sono dedicati sono legati soprattutto alle numerose pubblicazioni che hanno accompagnato le celebrazioni del IX Centenario dell'Alma Mater, ma anch'essi si sono spinti raramente oltre la prima metà del ventesimo secolo. L'Accademia delle Scienze dell'Istituto non ha ritenuto di poter supplire a questa reticenza, o meglio, a questo timore della contemporaneità, ma non si è sottratta al compito di spronare i suoi soci a riflettere su questo argomento e a promuovere piccoli colloqui dedicati esclusivamente alla ricostruzione dell'attività scientifica e alle sue connessioni con il contesto nazionale e internazionale senza per ciò trascurare i rapporti con le realtà istituzionali del territorio e le esigenze della vita quotidiana della nostra comunità.

Sono nati da questa esigenza e da questa disponibilità una serie di colloquia disciplinari che hanno ricapitolato esperienze, scuole e maestri restituendo così l'ampia rete di connessioni e di relazioni che si sono sviluppate nel secondo dopoguerra e che hanno collocato l'ateneo bolognese tra i protagonisti della ricerca internazionale rendendo i suoi ricercatori portatori, non sempre consapevoli, di innovazioni delle quali oggi cogliamo ancora l'originalità e la fecondità.

I risultati di questi colloqui, che hanno interessato la fisica, l'astronomia, la medicina, la biologia, la chimica, la geologia, l'economia e la statistica, l'ampia area delle discipline umanistiche, l'ingegneria, il diritto e le scienze politiche e sociali, saranno proposti al pubblico dei lettori in agili volumi che non intendono proporsi come una storia completa dello sviluppo della ricerca scientifica a Bologna quanto piuttosto mettere a disposizione materiali preziosi, vicende di maestri e dispiegarsi di scuole, memorie di imprese e di innovazioni sottratte all'oblio, indispensabili per chi vorrà cimentarsi nell'impresa più ampia di ricostruire la lunga sequenza di ricerche che ha dato una rilevanza planetaria all'Alma Mater Studiorum e della quale si avverte la mancanza.

Walter Tega

Professor Emerito, Alma Mater Studiorum - Università di Bologna
Già Presidente dell'Accademia delle Scienze dell'Istituto di Bologna

Presentazione della Giornata

Ripercorrere lo sviluppo dal secondo dopoguerra dell'Ingegneria nell'Università di Bologna è un compito tanto affascinante quanto complesso, perché lo si può affrontare secondo diversi approcci, come quello della riflessione storiografica, del dialogo con le altre scienze, del significato epistemologico dei prodotti della ricerca, dell'evoluzione della tecnica rispetto allo sviluppo della complessità sociale, della ricerca storica sui metodi e le contaminazioni disciplinari, o della tradizione degli insegnamenti, solo per citarne alcuni.

In tutto ciò, non è possibile prescindere dagli insegnamenti dei docenti che hanno operato all'Alma Mater. Su questa linea, è opportuno delineare i contributi, spesso con ricadute internazionali, delle opere di alcuni dei più eminenti Maestri. L'ipotesi di lavoro che abbiamo adottato coltiva l'ambizione di raccontare una storia che punta sia sui progressi delle varie discipline, sia sulle loro interconnessioni, sui loro intrecci, sulle loro analogie disciplinari e le innumerevoli contaminazioni culturali. Ripercorrere quindi questo sviluppo nell'arco temporale che ci si è prefissi, significa non solo rivivere le idee, gli ideali che hanno posto l'Ingegneria in posizione di rilievo, ma anche ammirare la lungimiranza, la perseveranza e la determinazione di quegli uomini che l'hanno fatta crescere, ed in questo ritrovare l'orgoglio della nostra tradizione, e dell'impegno profuso per affrontare le sfide epocali favorendo le competenze professionali e tecniche richieste delle generazioni future.

L'Ingegneria dell'Università di Bologna si è sviluppata nel tempo in diverse sedi (a Bologna che è la sede principale, e recentemente a Ravenna, Forlì, Cesena, Rimini) e la struttura che la rappresenta ha assunto nel tempo nomi diversi: Scuola di Applicazione per Ingegneri (dal 1877 al 1935), Facoltà di Ingegneria (dal 1935 al 2012), Scuola di Architettura e Ingegneria (dal 2012 al 2018); a partire dall'Anno Accademico 2018/19 essa è rappresentata semplicemente da un insieme di Dipartimenti, che attualmente hanno avuto la prevalenza rispetto alla Facoltà. In ogni caso la Scuola ha mantenuto nel

tempo una sua precisa identità culturale alla quale si possono ricondurre i molteplici insegnamenti che attualmente la costituiscono: essa è caratterizzata da un approccio razionale allo studio del mondo fisico, dalla ricerca delle leggi matematiche che caratterizzano i modelli che lo rappresentano, dall'uso di queste leggi per la realizzazione, e alla loro descrizione mediante opportuni modelli, degli oggetti richiesti dalla società civile nel suo sviluppo storico, oppure che vengono presentati ad essa favorendone lo sviluppo nel tempo. La Facoltà ha così sviluppato un insieme di competenze ad elevato livello culturale in molti ambiti dell'organizzazione della società civile e in molte delle esigenze che la caratterizzano sul piano tecnico; esse possono essere di grande aiuto alla società civile perché consentono di avere un approccio culturale a cui consegue una migliore consapevolezza delle molteplici possibili soluzioni, ciascuna con i suoi aspetti positivi e negativi, ai complessi problemi che la caratterizzano.

In questa Giornata – o meglio in questo primo Colloquio, dato che ne è già in previsione un secondo che illustri un più esteso arco disciplinare – si cercherà di ripercorrere lo sviluppo dal secondo dopoguerra dell'Ingegneria nell'Università di Bologna. La Giornata è divisa in due parti.

La prima, svolta nella mattinata, è stata dedicata alla memoria di tre eminenti Maestri che hanno operato nella Facoltà di Ingegneria nel periodo storico prefisso nell'ambito di tre discipline. Si tratta dei professori Ercole De Castro, Giuseppe Evangelisti e Piero Pozzati, Maestri delle discipline dell'Elettronica, dei Controlli automatici e della Tecnica delle costruzioni. La loro attività scientifica è più in generale accademica è stata rispettivamente illustrata, con il coordinamento dell'accademico Gabriele Falciasacca, dagli interventi degli accademici Giorgio Bacarani, Claudio Melchiorri e Pier Paolo Diotallevi.

La parte conclusiva della mattinata è stata dedicata alle testimonianze degli allievi che hanno svolto la propria carriera anche al di fuori dell'ambiente accademico riguardo ai Maestri oggi ricordati.

La seconda, svolta nel pomeriggio, è stata dedicata al *Panel* "Il passato, il presente e il futuro: un confronto sulla formazione degli ingegneri" e si è avvalsa delle testimonianze di alcuni illustri invitati ex-allievi della Scuola di Ingegneria.

La maggior parte degli invitati ha svolto la propria carriera nel mondo delle imprese e del lavoro, ma qualcuno di essi ha proseguito in ambito accademico tutta o parte della propria carriera, in alcuni casi anche all'estero. Il *Panel* è diviso in due parti: la Parte I dedicata all'importanza della formazione ricevuta e la sua applicabilità nel mondo del lavoro, la Parte II dedicata all'importanza del connotato multidisciplinare dell'insegnamento ingegneristico, coordinate rispettivamente dagli accademici Giulio Cesare Sarti e Maurelio Boari.

Il rendiconto di questo primo Colloquio prevede quindi anche una sezione in cui sono riportati gli interventi degli invitati in risposta alle domande poste dai coordinatori dei due *Panel*, che abbiamo preferito riportare nella forma colloquiale con la quale si sono svolti.

A conclusione di questa Introduzione riteniamo utile fornire alcuni elementi conoscitivi di carattere generale sulla Facoltà di Ingegneria. Come ha ricordato l'accademico Pierpaolo Diotallevi in occasione dell'ultimo Consiglio di Facoltà del 12 ottobre 2012, alla Facoltà di Ingegneria subentrò successivamente la Scuola di Ingegneria ed Architettura, oggi Scuola di Ingegneria. Gli studi di Ingegneria hanno però origini ancora più antiche.

Nell'ambito dell'offerta formativa delle università italiane tra Ottocento e Novecento si ritrovavano le tradizionali cinque facoltà di Teologia, di Giurisprudenza, di Medicina, di Scienze Fisiche Matematiche e Naturali e di Filosofia e Lettere, individuate dalla Legge Casati del 1859. L'impostazione generale della Legge Casati era rivolta a privilegiare nell'educazione universitaria l'aspetto puramente scientifico e a promuovere prevalentemente la ricerca svincolata da risvolti applicativi. Di conseguenza la formazione di livello professionale superiore si concretizzò nell'ambito delle scuole speciali, a loro volta comprese, anche se in forme di volta in volta diverse, nell'istituzione universitaria. Nelle scuole si formavano i futuri ingegneri, agronomi, farmacisti e veterinari ed erano regolate, sul piano della didattica, dalla stessa normativa vigente per le tradizionali facoltà, ma non avevano rispetto a queste pari dignità. Nonostante il carattere pratico dei loro studi e la possibilità di iscriversi anche con una cultura generale mediocre il ruolo di queste istituzioni educative era tutt'altro che insignificante e, talvolta, furono la risposta ad una concreta proposta formativa del territorio. Recepita successivamente e integralmente nel 1861 dal neo-Stato italiano, la legge Casati rimase in vigore fino alla riforma Gentile del 1923. Con i suoi 360 articoli, la legge conferiva un assetto organico all'intero sistema scolastico definendone cicli, curricula, materie di insegnamento, programmi, personale, apparato amministrativo.

In questo contesto furono istituite presso l'Università di Bologna la Scuola d'applicazione per gli ingegneri, fondata da un consorzio formato dall'Università e dagli enti locali, e la Scuola di agraria istituita con il fondamentale contributo della Cassa di Risparmio. Entrambe, godettero di una peculiare indipendenza gestionale e contabile e si dotarono di vere e proprie biblioteche provvedendo in forma del tutto autonoma al loro incremento. Il decreto del 30/9/1859 del Governatore delle Romagne, Benedetto Cipriani, promulgato su proposta del ministro Cesare Albicini, prevedeva per gli allievi ingegneri un corso pratico quinquennale di studi, con il conseguimento finale di una laurea dottorale e di libera pratica nella Facoltà matematica. Tra i corsi che gli allievi dovevano superare comparivano: Introduzione al calcolo (al primo anno), Calcolo sublime (al secondo), Geometria superiore, Fisica sperimentale e Meccanica applicata. Al termine dei vari anni del corso, gli allievi ingegneri erano sottoposti ad un esame generale. Quello tra il I anno e il II era chiamato esame di "passaggio"; "baccellierato" era detto l'esame tra il II anno e il III; "licenza" quello tra il III anno e il IV; esame di "laurea dottorale" era quello tra il IV anno e il V; alla conclusione dell'ultimo anno del corso, il V, vi era quindi l'esame di "libera pratica", che sanciva lo status di neo-ingegnere.

La Scuola d'Applicazione per gli Ingegneri, presso la quale si conseguiva il diploma di Ingegnere civile e il diploma di Architetto, attivò i propri corsi nella sua veste completa, cioè dotata dell'intero triennio, nel novembre del 1877, ma già nel 1875 era stato attivato il primo anno di corso. Le scuole speciali furono ricondotte, dopo anni di discussioni e polemiche, pienamente nell'ambito accademico nel 1935 quando furono trasformate in Facoltà. Infatti, negli anni 1922 e 1923 vennero emessi vari Regi Decreti (cosiddetta Riforma Gentile) che complessivamente prevedevano un riordino importante per l'intero sistema scolastico italiano. In particolare, il R.D. 30 settembre 1923, n. 2102 (concernente l'Università) stabiliva, tra l'altro che:

- le Scuole di Applicazioni per Ingegneri diventavano Scuole di Ingegneria,
- l'accesso alle Facoltà era riservato ai soli diplomati dei Licei (classico e scientifico),
- il biennio propedeutico veniva lasciato alle sole Facoltà di Scienze (con eccezione delle sedi di Milano e di Torino).

Il successivo Regio decreto-legge 7 ottobre 1926, n. 1977 (cosiddetto Testo unico - TU dell'Istruzione superiore) all'art. 1 stabiliva che gli studi di ingegneria si compiono in cinque anni e che sono divisi in due corsi: uno biennale di studi propedeutici ed uno triennale di studi di applicazione.

Nel corso degli studi gli allievi erano obbligati a sostenere gli esami di profitto di: Analisi algebrica ed infinitesimale; Geometria analitica e descrittiva con elementi di proiettiva; Fisica sperimentale (corso biennale); Chimica generale inorganica con elementi di chimica organica; Meccanica razionale; Disegno di ornato e di architettura (corso biennale).

La successiva Riforma di Vecchi del 1935, stabiliva la trasformazione delle Scuole in Facoltà. Inoltre, per tener conto delle sempre più pressanti richieste/esigenze del mondo industriale venivano istituiti, come all'estero, più corsi di laurea. Infatti, oltre al Corso di Laurea in Ingegneria Civile con tre Sezioni, venivano istituiti i Corsi di Laurea in Ingegneria Meccanica, Ingegneria Chimica e Ingegneria Elettrotecnica.

In quegli anni, sotto la forte spinta del mondo industriale stava aumentando, seppur lentamente il numero di matricole dell'Ingegneria bolognese. Quindi la vecchia sede di piazza de' Celestini in centro città si rivelava sempre più insufficiente. Tralasciamo le discussioni comunali e universitarie relative all'utilizzazione di fondi speciali per accrescere la Facoltà; ancora una volta ci si pose la sempiterna domanda: utilizziamo i nuovi fondi per reclutare nuovi docenti o per realizzare una nuova grande e moderna sede della Facoltà. Prevalse il secondo orientamento che portò alla costruzione della lungimirante e maestosa sede (per quei tempi) di Porta Saragozza progettata dall'arch. Giuseppe Vaccaro. Un ruolo importante per la realizzazione della nuova Facoltà lo giocarono anche l'Amministrazione comunale, i collegamenti con il Governo nazionale, nonché due personaggi, presidi di Facoltà: Attilio Muggia (Preside della Facoltà nel 1923-27) e Umberto Puppini (Preside della Facoltà per ben due volte, nel 1927-32 e nel 1941-45), che fu anche che sindaco e assai influente uomo politico.

Nell'immediato dopoguerra, alla riapertura fisica degli spazi dell'Ingegneria bolognese, dopo il terribile periodo di occupazione della sede, i docenti della Facoltà e i

loro collaboratori ripresero i loro insegnamenti e le attività di laboratorio con grande passione e ardore. Seguirono circa quindici anni di invarianza normativa a livello nazionale. Tuttavia, nel 1960 l'Università Italiana fu attraversata dall'applicazione del cosiddetto D.P.R. 60, ossia il D.P.R. 31 gennaio 1960 n. 53, integrato dal D.P.R. 28 agosto 1960 n. 1445. In estrema sintesi, per quanto concerne le Facoltà di Ingegneria questo significò:

- portare il biennio all'interno delle Facoltà di Ingegneria;
- conservare lo sbarramento tra biennio e triennio;
- stabilire il numero minimo di esami per conseguire la laurea;
- istituire altri corsi di laurea, che così divennero 8 in totale (Civile, Meccanica, Elettrotecnica, Chimica; Elettronica, Nucleare, Aeronautica, Mineraria); qualche anno dopo arriveranno anche l'Informatica, il Gestionale e l'Ambiente;
- stabilire 9 insegnamenti per il biennio propedeutico (Analisi 1, Analisi 2, Chimica, Disegno, Meccanica Razionale, Geometria 1, Geometria 2 (sostituibile), Fisica 1, Fisica 2);
- suddividere gli insegnamenti del triennio in corsi obbligatori e corsi a scelta.

Il dibattito che si creò attorno all'ideazione e alla redazione del D.P.R. 60 fu caratterizzato da non poche discussioni e polemiche. Ve ne furono di aspre tra Matematici e Ingegneri, con molti dei primi favorevoli al mantenimento di una stretta unitarietà nella formazione di base tra i diversi percorsi. Ve ne furono addirittura di asprissime tra ingegneri e ingegneri, perché mentre alcuni temevano un'eccessiva specializzazione/parcellizzazione degli studi, altri sostenevano fortemente questa direzione. Peraltro, il tessuto industriale si mostrò contrario alla riforma, soprattutto le grandi industrie, perché risultava difficile prevedere le future richieste del mercato del lavoro e si temeva fortemente di sbagliare programmazione. Alla fine del ricco dibattito prevalse una posizione di equilibrio rispetto alla tradizione. Inoltre, il D.P.R. 60 determinò importanti modifiche sia di carattere organizzativo (si sono modificate le modalità di partecipazione alla vita accademica delle singole persone di ruolo nella Facoltà), sia nell'attività didattica. Si è spesso cercato di trovare una soluzione alle profonde modificazioni che stava subendo l'Università, e la società in genere, in modo non sempre pienamente coerente con le esigenze effettive dell'Università. In ogni caso, è opportuno sottolineare che in quei ultimi tempi si è modificata sostanzialmente la vita dell'Università con cambiamenti che sono stati spesso sin troppo rapidi: la Facoltà di Ingegneria aveva una sua precisa caratteristica distintiva sul piano culturale alimentata anche dalle discussioni che avvenivano nell'ampio Consiglio di Facoltà con la presenza di tutti i docenti di ruolo per favorire un confronto tra le diverse aree disciplinari ed anche un loro coinvolgimento reciproco sul piano culturale. Ad esempio, molte nuove discipline sono nate per effetto di problemi che nascevano in aree molto diverse tra loro: ora questo non avviene con la stessa efficacia, dato il numero chiuso dei partecipanti al Consiglio di Scuola. Fino al D.P.R. 60 la Facoltà aveva caratteristiche unitarie anche sul piano didattico perché lo studente, qualsiasi fosse l'indirizzo scelto, doveva studiare discipline di tutti gli indirizzi. In tale modo l'attività professionale

di ciascun ingegnere poteva essere esercitata in ambiti anche molto diversi da quello dell'indirizzo scelto. Poteva così accadere che la carriera di coloro che intraprendevano la carriera universitaria si svolgesse successivamente nel tempo in ambiti disciplinari molto diversi tra loro. Era comunque un modo diverso. Questi furono gli anni in cui all'interno delle Facoltà, talvolta prendendo spunto dai temi oggetto delle discussioni sulla riforma, i docenti più esperti e dotati di maggior carisma/fascino contribuirono a consolidare e a "sistematicizzare" maggiormente le fondamenta di alcune discipline dei corsi di laurea classici, mentre altri, più giovani, ma non meno brillanti e carismatici, svilupparono le fondamenta fisico-matematiche delle discipline fondamentali dei nuovi corsi di laurea. Questo processo contribuì a plasmare e a creare aggiornate figure di Maestri per le varie discipline dell'Ingegneria, tradizionali e nuove. Fu da questo processo in cui si plasmarono, in particolare, le tre eminenti figure di Maestri illustrate in questa Giornata.

Lo straordinario sviluppo della tecnica negli ultimi decenni e il correlato incremento dell'attività di ricerca in un ambito dal connotato internazionale sempre più orientato alla specializzazione, sia nei più importanti congressi, sia nelle più prestigiose riviste, ha determinato un notevole aumento degli insegnamenti e dei corsi di laurea rendendoli sempre più specialistici e distinti tra loro. Questo sviluppo fu riconosciuto e regolamentato sia dal D.P.R. 20 maggio 1989 (recante modificazioni all'ordinamento didattico universitario dei corsi di laurea della facoltà di ingegneria), sia dal D.M. 509/1999 (sistema 3+2) che determinò la trasformazione dei corsi di laurea in percorsi formativi strutturati su due livelli: la laurea di primo livello (laurea "triennale") e la laurea di secondo livello (laurea "specialistica", attualmente "magistrale") di durata biennale. Tali interventi normativi – mossi dalla esigenza di procedere al riordino dei corsi di laurea e di adeguare i loro contenuti alle mutate condizioni scientifico-tecnologiche e alle esigenze del mondo del lavoro – non sono stati certamente esenti da animate discussioni fra i sostenitori da un lato di una maggiore specializzazione e dell'altro del mantenimento di una profonda conoscenza di base generalista, oppure fra coloro che privilegiavano un approccio didattico ipotetico-deduttivo piuttosto che induttivo. Essi hanno modificato profondamente le caratteristiche della Facoltà anche da un punto di vista didattico, rendendo quasi naturale il trasferimento ai Dipartimenti di competenze che invece erano precedentemente proprie della Facoltà.

In tabella vengono ricordati i colleghi che hanno avuto l'oneroso compito di coordinare l'attività didattica della nostra istituzione, nel corso degli anni interessati dalla evoluzione sopra descritta.

Direttori della Scuola d'Applicazione per Ingegneri (1877-1935)

1877-1893 Cesare Razzaboni

1893-1910 Jacopo Benetti

1910-1918 Silvio Canevazzi

1918-1923 Luigi Donati

1923-1927 Attilio Muggia

1927-1932 Umberto Puppini

1932-1935 Giuseppe Sartori

Presidi della Facoltà di Ingegneria (1935-2012)

1935-1937 Giuseppe Sartori

1937-1945 Umberto Puppini

1945-1947 Aristide Prosciutto

1947-1965 Paolo Dore

1965-1968 Giulio Supino

1968-1975 Giovanni Cocchi

1975-1977 Franco Foraboschi

1977-1980 Giorgio Folloni

1980-1983 Leonardo Calandrino

1983-1989 Leonardo Marchetti

1989-1995 Enrico Lorenzini

1995-2001 Arrigo Pareschi

2001-2007 Guido Masetti

2007-2012 Pier Paolo Diotallevi

Presidenti della Scuola di Ingegneria ed Architettura

2012-2015 Pier Paolo Diotallevi

2015-2018 Ezio Mesini

Presidenti della Scuola di Ingegneria

2018 - oggi Davide Moro

Qualche riferimento anche agli iscritti alla Facoltà di Ingegneria.

Dalla istituzione della Scuola al 1927 si laurearono 2326 ingegneri.

Se veniamo a tempi più recenti gli iscritti alla Facoltà (ovvero il complesso degli studenti iscritti) crebbero in modo esponenziale: 1958-1959: 1087, 1963-1964: 3271, 1965-1966: 4062. Oggi gli iscritti sono oltre diecimila.

Ezio Mesini

Professore Ordinario di Idrocarburi
e fluidi del sottosuolo
Alma Mater Studiorum -
Università di Bologna

Carlo Alberto Nucci

Professore Ordinario di Sistemi elettrici
per l'energia
Alma Mater Studiorum -
Università di Bologna

Saluto del Magnifico Rettore dell'Alma Mater Studiorum - Università di Bologna

Buongiorno a tutte e a tutti, ringrazio il Presidente Tega dell'invito; è per me un piacere essere qui oggi e portare i saluti miei e quelli dell'Ateneo in questa Giornata di studi che l'Accademia ha dedicato alla Scuola di Ingegneria in particolare al ricordo dei professori De Castro, Evangelisti e Pozzati. Figure eminenti della facoltà di Ingegneria dell'Università di Bologna. Essi, nelle rispettive discipline, hanno saputo costruire un modo di pensare innovativo, hanno trasmesso dedizione a studenti e a colleghi. Tutti coloro venuti dopo e che hanno studiato nelle aule di Ingegneria, come ho fatto io, non possono che ricordare l'eredità che questi tre Maestri hanno lasciato nelle aule e nei manuali.

L'attività scientifica del professor De Castro si è svolta con costante intensità nell'arco di un trentennio: sono stati fondamentali e altamente apprezzati in Italia e all'estero i contributi nei settori delle comunicazioni elettriche, dell'Elettronica applicata e credo che tutti ricordino quelle che sono state le ricerche di De Castro. È stato il promotore del laboratorio di Microelettronica del CNR e organizzatore del corso di laurea in Ingegneria elettronica.

Il professor Evangelisti, scienziato di chiara fama, pioniere dell'Automatica ha fondato il Centro di calcolo e servomeccanismi, si è occupato di problemi di moto permanente nei canali e nelle condotte in pressione, di calcolo statico di tubi in pressione, di problemi di stabilità nella regolazione degli impianti idroelettrici. La sua opera si è dispiegata con risultati di grande rilievo nell'arco delle attività che caratterizzano la vita universitaria.

Infine, il professor Pozzati ha fondato, costruito e insegnato la disciplina della Tecnica delle Costruzioni rivolta agli ingegneri civili dei quali è stato anche uno dei componenti di più alta distinzione, formando generazioni di studenti e di professori. In lui si concentrano e trovano la massima espressione il valore, il rigore scientifico, la capacità di insegnare una didattica chiara, limpida, efficace, unita a una grande capacità di coinvolgimento e di interazione nei rapporti umani.

Molti dei risultati di eccellenza dei dipartimenti di Ingegneria di Bologna si ispirano ancor oggi a questi tre Maestri.

La seconda parte della Giornata è dedicata a un *Panel* al quale sono stati invitati illustri allievi della Scuola; dai loro nomi già emerge l'elevato livello della discussione che verrà svolta.

Mi rammarico di non riuscire a seguire i lavori odierni essendo impegnato a completare l'incontro con i vari Dipartimenti, allo scopo di rilanciare l'azione dell'Ateneo, Ateneo più vecchio di Europa, ma che deve essere giovane nelle iniziative, nella capacità di innovare, di fare evolvere l'Università e non ancorarsi ai ricordi del passato, ma dai ricordi del passato trarre quegli insegnamenti che sono indispensabili per rinnovare e credo che la Giornata di oggi sia la sintesi perfetta di tutto ciò. Vediamo gli insegnamenti del passato, vediamo quello che hanno fatto i nostri Maestri, traiamo lezione da quello che hanno fatto e da lì andiamo avanti per cercare di costruire una Università ancor più efficiente, ancor più valida, ancor più al servizio degli studenti e con personale docente al livello di chi ci ha preceduto: questa è la vera sfida che noi abbiamo davanti nei prossimi anni. Dobbiamo essere orgogliosi di fare parte dell'Alma Mater e dobbiamo fare di tutto per portare avanti quello che i nostri Maestri ci hanno insegnato.

Ringrazio coloro che hanno reso possibile questa Giornata, tutti i relatori, tutte le persone qui presenti e quelle collegate a distanza, il Presidente dell'Accademia e l'Assessore, Professoressa Paola Salomoni, che abbiamo il piacere di avere oggi con noi.

Giovanni Molari
Magnifico Rettore
Alma Mater Studiorum - Università di Bologna

Saluto dell'Assessore alla Scuola, Università, Ricerca e Agenda digitale della Regione Emilia-Romagna

Ringrazio tutti, ringrazio il Magnifico Rettore, il professor Tega, tutti i Colleghi che hanno organizzato questa Giornata. Ho tenuto particolarmente a esser qui oggi: confesso che ogni volta che entro in questa Sala, che considero il luogo della Scienza, mi pare di respirare un'aria intrisa di profondo significato. Considerate perciò questi ringraziamenti molto sentiti.

Dalle parole del professor Tega e del Magnifico Rettore abbiamo inteso come sarà organizzata la Giornata: passare dal ricordo di Maestri a quello di ex studenti di rango, che hanno fatto o hanno in corso una carriera che non commento, perché sarebbe fuori luogo, e credo che ciò rappresenti questo ciclo di rinnovamento. L'Università, ma anche l'Accademia, sono luoghi nuovi perché capaci di essere vecchi, perché fanno della loro storia, della loro sostanza, con questi Maestri la struttura con cui si accompagnano i giovani 19enni o 18enni nelle nostre aule.

Credo che questa Giornata ci racconti questo valore e ci spinga a pensare alle generazioni che qui non sono ancora citate attraverso il ragionamento sia del ricordo, sia della apertura. Faccio questo commento anche se io sono un professore che insegna a Ingegneria, ma non proviene da Ingegneria (ho quindi questa dualità) e che pensa che la relazione con l'esterno sia l'elemento fondamentale. Io qui oggi rappresento l'esterno, rappresento quello che è l'interesse del sistema regionale intero verso questa evoluzione: dalle sue fondamenta (cui è dedicata la mattinata) alla sua apertura (di cui si tratta nel pomeriggio). Mi permetto di inserire qui una brevissima considerazione relativa alla Regione Emilia-Romagna. Siamo scrivendo una nuova legge sulla attrattività dei talenti; a Ingegneria si conosce bene la attrattività delle imprese, la Regione ha sempre cercato di creare imprese ed enti. Anche la presenza di strutture europee al Tecnopolo è stata resa possibile attraverso una legge che consente di essere attrattiva verso le strutture non solo europee. Ora, dobbiamo cominciare a ragionare in modo da "riempire" maggiormente il nostro sistema e quindi cominciare ad attrarre talenti. Ma cosa significa attrarre talenti? si presenta una nuova complessità, perché da un lato si tratta di cofinanziare e

sostenere persone capaci, dall'altro si tratta di sapere trattenere queste persone capaci: su questo tema credo questa Comunità possa aiutarci nel definire un percorso che sin dal suo inizio possa esser ritenuto corretto. Le leggi regionali – e lo dico da Assessore che ha fatto tutt'altro nella vita – rappresentano dei *framework* dentro cui la Regione si muove per sostenere iniziative. È quindi importante che anche quando la Politica lavora, lavori in questo ciclo continuo ove le cose cambiano e non si possono fermare, anzi semmai la Scienza le accelera. Quindi noi ci confronteremo con i Magnifici Rettori, ma anche tutta la Comunità avrà occasione di aiutarci a comprendere come fare diventare più attrattivi gli attori del territorio, tra cui anche gli Atenei che rappresentano, certamente, uno dei fiori all'occhiello della realtà regionale. Grazie e buon lavoro.

Paola Salomoni

Assessore alla Scuola, Università, Ricerca e Agenda digitale
Regione Emilia-Romagna

Ricordo dei maestri e testimonianze degli allievi

Sessione moderata da Gabriele Falciasecca, Professore Emerito di Campi Elettromagnetici, Alma Mater Studiorum - Università di Bologna

Seguendo l'invito del Presidente Tega il prof. Gabriele Falciasecca ha preso la parola per coordinare la sessione predisposta in omaggio dei maestri. Qui di seguito si riporta il contenuto della sessione introduttiva ai lavori della mattinata.

Falciasecca ha sottolineato come rendere omaggio ai propri maestri per una facoltà come quella di Ingegneria significa cercare nel passato le linee guida che hanno portato al formarsi delle odierne discipline: una sorta di riscoperta del proprio DNA che consenta di impostare una innovazione consapevole delle proprie radici. Tra le radici vi è anche Guglielmo Marconi, socio dell'Accademia, che fu nominato ingegnere ad honorem dall'allora scuola di Ingegneria, poi diventata facoltà (ed ora di nuovo scuola). Egli ha poi proseguito così.

“I tre maestri che oggi onoriamo hanno varie cose in comune, una sorta di fil rouge che li lega e che ci indica il cammino. Innanzitutto, essi furono degli innovatori: non si limitarono infatti a coltivare le proprie discipline di origine, ma, avvertendo i tempi nuovi, fondarono nuove discipline, provocando un vero e proprio cambio di paradigma scientifico. In questo senso furono maestri che guidarono gli allievi verso nuovi orizzonti. Inoltre, essi non fecero parte di quella schiera di accademici chiusi nel proprio sapere, ma, ciascuno a suo modo, interagirono con il mondo fuori dall'università, fosse esso l'impresa o le istituzioni. Ciò però in modo alto, non per opportunismo, ma per la convinzione che una diffusione del sapere fosse compito di un accademico.

Hanno formato schiere di allievi, da cui sono stati poi forgiati altri allievi. Oggi l'università è in mano ai nipoti accademici di questi maestri. A parlare saranno dunque sia allievi di prima generazione, sia di seconda.

Il primo ad essere ricordato è il prof. Ercole De Castro. È l'unico dei tre di cui posso onorarmi di essere stato prima studente e poi collega. Come studente ricordo le sue magnifiche lezioni, molto chiare a fronte di una materia assai complessa. Si comprendeva subito che la sua chiarezza era originata dal rigore con cui venivano trattati i vari argomenti. Notevoli erano anche i libri da lui scritti su cui poi avrei studiato anche per altri corsi.

Come collega giovane vorrei invece raccontarvi un episodio che mette in luce alcune caratteristiche del personaggio.

Era il momento per l'Istituto di Elettronica di fare delle richieste di posti di Professore Ordinario e, per vagliare la consistenza scientifica dei possibili candidati interni, venni richiesto, come altri, di produrre le mie pubblicazioni per il vaglio degli "anziani". Una mattina venni chiamato dal prof. De Castro nel suo studio. Andai, non lo nego, con un poco di ansia, perché non avevo con lui una particolare confidenza, come avevo invece con il prof. Corazza, il mio maestro accademico. Mi accolse con un sorriso che fugò i miei timori e con un cenno della mano indicò le mie pubblicazioni che erano in evidenza sulla libreria dietro di lui. 'Ho letto le sue pubblicazioni, caro Falciasacca – disse subito dopo – e le devo fare i complimenti. Non immaginavo che fossero così interessanti. Sa che ora non c'è più la libera docenza, e allora ho deciso che posso conferirgliela direttamente io. Come sa in istituto io uso dare del tu nel momento in cui gli assistenti hanno conseguito la libera docenza, per cui d'ora in avanti ci daremo del tu'. Poi proseguì il discorso dandomi effettivamente del tu. La cosa mi riempì di orgoglio e mi fece sentire anche un po' allievo di questa persona che aveva seriamente letto i miei lavori – oggi non so se i commissari disponendo dei potenti indici bibliometrici entrano davvero in profondità nei lavori dei candidati – e che senza presunzione ma con serena consapevolezza di sé mi aveva giudicato. Inutile dire che per un paio d'anni mi rivolsi a lui con circonlocuzioni contorte per non dargli del tu, che non mi riusciva, ma nemmeno osavo usare un disobbediente lei!

Altro avrei da dire ma il prof. Giorgio Baccarani si è preparato per darci un quadro esaustivo sulla attività e la personalità di questo maestro e pertanto lo invito a fare il suo intervento" (v. pag. 29).

Dopo la fine dell'intervento il prof. Falciasacca ha invitato la platea ad intervenire per completare il ricordo già così ben impostato, cogliendo anche l'occasione per unirsi al prof. Baccarani nel riconoscimento al prof. Calandrino, recentemente scomparso, che molto si è prodigato nella organizzazione di questa Giornata.

È poi intervenuto il prof. Vannucchi, allievo di antica data di De Castro e suo assistente per un anno.

"Nel bellissimo e completo quadro della figura di Ercole De Castro presentato da Baccarani sono anche ricordati i suoi rapporti con l'industria e citato, a tale riguardo, il mio intervento nella commemorazione di Ercole ad un anno dalla morte.

Mi limito pertanto solo a qualche breve ricordo personale per mettere in luce alcuni aspetti della personalità di Ercole di cui sono stato allievo e poi, negli anni, amico fraterno.

Entrato in 'Telettra', azienda che stava sviluppandosi rapidamente nel campo delle telecomunicazioni, riuscii nell'intento di attivare un rapporto di consulenza con De Castro (esteso man mano negli anni anche a molti suoi collaboratori) che rappresentò, all'epoca, un modello nei rapporti Università-Industria. Dopo un'iniziale diffidenza per i laboratori industriali, De Castro trovò la chiave per un felice rapporto con i progettisti e per i temi che gli proponevano. Girava per i laboratori e sollecitava domande: immediatamente o prendendosi un po' di tempo per riflettere, portava risposte cercando spesso di generaliz-

zare il tema ad altri campi. Era il 'professore' che continuava la sua opera scientifica in un ambiente diverso dall'Accademia che capiva essere importante per lo sviluppo del Paese in anni caratterizzati da grandi entusiasmi sulle potenzialità del sistema Italia.

Quello che impressionava in De Castro era la sua formidabile preparazione di base matematica e fisica. Quando si affrontava un problema con Ercole si era trascinati dal suo entusiasmo e dalla sua sicurezza che si sarebbe riusciti a venirne a capo. I suoi ragionamenti erano lineari e trasparenti ed aveva un'incredibile capacità di cogliere rapidamente il vero nocciolo del problema, farne il modello e studiarlo con gli strumenti di base fisico-matematici.

Alle soglie del 1970, entrò anche nel CDA di Telettra e lo fece con il rigore che lo caratterizzava. Ricordo la frase: 'Guido, entro molto volentieri ma voglio capire bene le cose e da domani comincio a studiarvi bene cos'è un bilancio'.

Particolarmente proficua nel rapporto di consulenza con De Castro (nel frattempo estesa a molti altri suoi molti collaboratori tra cui l'indimenticabile prof. Calandrino) fu la decisione, nella prima metà degli anni '70 di svolgere un'intensa attività didattica interna alla Telettra con una serie di corsi monografici di aggiornamento indirizzati a tutti i ricercatori della Società: da corsi di base sull'analisi funzionale ai più recenti aggiornamenti sulla teoria dei segnali. Per l'epoca risultò memorabile anche un corso sulla fisica dei semiconduttori impostato senza impiegare una sola formula matematica, cosa che deve essergli costata una fatica non indifferente! Suo fu il suggerimento di far nascere una collana scientifica Telettra che prendeva spunto dai corsi di aggiornamento interno.

De Castro morì giovane, a cinquantasei anni, e ci lascia la domanda di quanto ancora avrebbe potuto dare al mondo scientifico se fosse vissuto più a lungo. Ma, a distanza di 38 anni dalla sua morte il mio ricordo va all'amico e maestro pieno anche di tanta etica, umanità e coraggio morale".

Il prof. Falciasacca è passato poi al secondo illustre personaggio da ricordare: il prof. Giuseppe Evangelisti che fu forse il maestro dei maestri. Egli ha poi proseguito così.

"Non ho avuto la fortuna di essere stato tra i suoi allievi, perché il prof. Evangelisti aveva ristretto il suo insegnamento alle sue materie idrauliche quando io arrivai in viale Risorgimento, ma ho invece avuto l'opportunità di fare una tesi utilizzando il calcolatore che grazie a lui era disponibile in facoltà. Poiché di giorno la macchina era usata per scopi più importanti io lavoravo di notte, praticamente chiuso dentro al centro di calcolo fino alla mattina. Ho invece tanti ricordi personali perché ero amico dei figli, in particolare del caro Gianni, mio compagno di scuola, e dunque frequentavo la sua casa. Con quattro figli, e gli amici di questi, la casa era un via vai continuo e per fortuna il professore era quasi sempre fuori quando c'eravamo noi. Ma ogni tanto capitava una sovrapposizione e allora venivamo pregati di cercare di non disturbarlo perché lavorava nel suo studio. Nonostante le raccomandazioni l'ambiente non era poi così tranquillo, ma lui rimaneva comunque imperturbabile; solo a volte usciva dal suo riserbo per lanciare qualche battuta ironica che faceva parte del suo costume ma sempre in quel pacato e bonario modo che gli era consono. Il suo ricordo ci verrà presentato dal prof. Claudio Melchiorri, allievo del compianto prof. Claudio Bonivento che era un suo allievo diretto

del settore controlli automatici. Il prof. Melchiorri è un esempio di allievo di un allievo che ha importanti cariche in ateneo” (v. pag. 41).

Dopo la conclusione dell'intervento del prof. Melchiorri il prof. Falciasacca ha poi aggiunto una ulteriore considerazione sulla lungimiranza scientifica del prof. Evangelisti: “Quando il prof. De Castro immaginò lo sviluppo della Elettronica a Bologna, doveva necessariamente rivolgersi al Consiglio di Facoltà per avere le risorse. In questo organo sedevano rappresentanti delle materie ingegneristiche tradizionali poiché gli elettronici e gli informatici erano ancora di là da venire. Evangelisti si fece promotore delle istanze di De Castro e convinse i colleghi, baroni forse, ma certo lungimiranti e onesti intellettualmente, che lo sviluppo della Elettronica sarebbe stato un bene per la facoltà”.

La sessione è stata quindi aperta ad interventi dalla sala. Ha preso la parola per primo il prof. Ezio Mesini che ha ricordato come un lavoro del 1970 di Poggi ed Evangelisti sulle problematiche che pone l'ingresso di acqua nei depositi di gas fu una pietra miliare ed è attualissimo ancor oggi. Egli ebbe modo di sincerarsi della cosa in un viaggio negli USA dove il lavoro era ben conosciuto ed apprezzato nonostante fosse in italiano.

È intervenuto quindi il prof. Sandro Artina, allievo di prima generazione nelle discipline idrauliche. Egli ha ricordato come dopo l'introduzione delle prime forme di calcolo elettronico occorresse rivisitare molti argomenti: primo fra tutti il cosiddetto colpo d'ariete. Evangelisti fu propugnatore acceso di questa novità non sottraendosi a dispute anche vigorose. Proseguendo, ha poi accennando al lato umano del professore e alla sua continua verve ironica. Era molto amato dagli studenti cui non lesinava spiegazioni, anche personali. Li trattava, parole sue, come giovani colleghi. Divertente poi l'episodio del giovane e timido assistente Guerini fermo sotto la pioggia battente sulla soglia della porta della casa di Evangelisti, che non entrava perché “non osava tanto”. Dopo qualche batti e ribatti Evangelisti sbloccò l'impasse dicendo vigorosamente “Insomma prof. Guerini osi, osi”.

Falciasacca ha chiuso infine questa parte di sessione sottolineando che tanti altri aneddoti si potrebbero raccontare su questo maestro che era anche un gran personaggio. Ma ha preferito concludere con un suggerimento per la sessione del pomeriggio; abbiamo infatti avuto testimonianza di almeno due cose che dividevano questi due maestri: la grande preparazione matematica e la attitudine alla multidisciplinarietà. Sono ancora due requisiti essenziali per la moderna Ingegneria?

Il ricordo del prof. Piero Pozzati avrebbe dovuto essere porto dal prof. Diotallevi, suo allievo e successore nella cattedra di Tecnica delle costruzioni. Purtroppo, Diotallevi non si trova in buone condizioni di salute e con rammarico ha dovuto rinunciare all'ultimo momento. Diotallevi ha comunque provveduto ad inviare il contenuto del suo intervento al prof. Carlo Alberto Nucci, che si è quindi assunto l'onere di presentarlo. “Caro Carlo Alberto – ha proseguito Falciasacca – so che hai dovuto prepararti in poco tempo ma spetta in fondo agli organizzatori il compito di risolvere anche direttamente gli inconvenienti che possono presentarsi! Mentre ti prepari vorrei introdurre un elemento iniziale: ricordo bene l'ascendente di Pozzati sui colleghi evidenziato dai suoi seguitissimi interventi in Consiglio di Facoltà. Quando si alzava, si alzava anche un mormorio: silenzio che parla Pozzati” (v. pag. 59).

Alla fine dell'intervento di Nucci, Falciasacca, sapendo che in sala era presente un figlio di Pozzati, lo ha invitato ad intervenire. "Parlerò del babbo, – ha iniziato Andrea – come noi lo chiamavamo, per darvi cenno della sua straordinaria sensibilità. Al momento della scelta della facoltà il babbo disse a me e a mio fratello: fate quello che volete ma non ingegneria a Bologna e nemmeno in queste università dove sono troppo conosciuto, ed enumerò un elenco di luoghi dove vi erano suoi amici. Sareste condizionati dal mio nome e non sarebbe il caso. Poi io feci medicina e là mi accorsi che questa sensibilità non era poi così acuta!".

Falciasacca ha poi chiesto di intervenire al prof. Tega, presidente della Accademia. Il suo intervento, molto articolato, è partito dal riconoscere come grazie al prof. Calzolari, già Rettore dell'Ateneo, abbia avuto la possibilità di conoscere figure importanti della facoltà di ingegneria come De Castro e Pozzati. Nonostante egli fosse professore di Storia della filosofia della scienza trovò subito forti elementi di contatto in particolare con Pozzati per la sua attitudine ad affrontare i grandi problemi. In questa veste lo aveva conosciuto ed apprezzato: ora dopo la presentazione preparata da Diotallevi ha appreso anche quale fu la sua attività nello specifico della sua materia. Pozzati gli apparve subito come una figura della statura di un Raimondi o di un Eco, di valore totale anche al di fuori delle proprie discipline specifiche, ricordando la sua sensibilità quando mise a disposizione le sue conoscenze per recuperare il soffitto della sala dell'accademia dove era presente uno degli affreschi bolognesi più importanti del Cinquecento. Un intervento tecnico adeguato all'importanza del capolavoro di Tibaldi con cui si aveva a che fare, che risolse il problema pratico in modo da privilegiare il valore dell'oggetto storico da preservare. Una lezione da ricordare. Evangelisti invece non lo aveva conosciuto, ma aveva trovato il suo nome più volte citato nei quaderni di memorie di suo zio, partigiano e politico attivo nel dopoguerra. Ciò significava che anche Evangelisti aveva una consistenza in grado di aprirsi a rapporti più ampi, come si addice a chi è maestro non solo di scienza ma anche di vita.

È poi intervenuto il prof. Di Tommaso che ha illustrato brevemente la storia, antica, delle discipline afferenti alle costruzioni, dalla Meccanica, alla Scienza e alla Tecnica delle costruzioni evidenziando il contributo di Pozzati allo sviluppo tutto italiano di queste articolate specializzazioni del settore. Non di scuola bolognese, Di Tommaso aveva già studiato a Napoli il "metodo Pozzati" e quindi fu emozionante per lui ritrovarlo a Bologna come collega, con cui scambiare opinioni e progetti quando erano ambedue direttori dei reciproci istituti.

Il prof. Ruggeri, primo allievo del prof. Caprioli cui la Facoltà aveva assegnato il compito di creare una scuola matematica nell'ingegneria, ha ricordato come per il suo arrivo a Bologna furono determinanti De Castro e Pozzati, ancora una volta baroni lungimiranti, che però, prima di trovare le risorse necessarie per chiamarlo, lo esaminarono a fondo per verificare se era la persona giusta. Singolare poi il fatto che egli divenne prima membro della Accademia dei Lincei e poi membro di quella di Bologna, su iniziativa di Calandrino e Pozzati che vollero così riconoscere il suo rango.

Falciasacca a questo punto, in attesa di ulteriori interventi ha offerto questa sua osservazione. "Abbiamo visto come la nostra facoltà ha vissuto un periodo in cui si stagliarono

al suo interno figure eminenti in grado di riconoscere i talenti ovunque fossero e di dare un indirizzo al futuro assetto della istituzione. Queste figure erano in grado con la loro personalità di incidere nella realtà che circondava l'accademia, condizionando positivamente il mondo esterno. Ora questo è più difficile: esistono professori di talento ma sono meno appariscenti e la loro azione non si può esplicitare come nel passato che abbiamo esaminato. Diventa allora fondamentale che il singolo possa giovare del prestigio della istituzione, mentre nel passato le figure che abbiamo ricordato erano loro a portare prestigio alla istituzione piuttosto che viceversa. A Milano e Torino i Politecnici sono considerati una risorsa essenziale della città e per questo sono continuamente coinvolti nelle scelte strategiche a prescindere dai singoli: questo a Bologna non succede e questo dovrebbe mutare perché mai come in questo periodo la società ha bisogno di un riferimento tecnico scientifico per scegliere la via migliore in un mondo sempre più complesso. Il prestigio della Università di Bologna è alto nel mondo; ciò dovrebbe riverberarsi di più anche localmente”.

È poi intervenuto brevemente il prof. Ezio Mesini per ribadire i tratti comuni dei tre personaggi: signorilità, senso di responsabilità, tensione etica, rigore scientifico basato sulla matematica, aggiungendo, che si è evidenziata anche una sorta di etica applicata all'Ingegneria, che delinea ruolo e contributi del tecnico.

Carlo Alberto Nucci ha sottolineato infine un ulteriore aspetto della personalità di questi maestri. Il loro modo di presentare la materia era tale da generare negli allievi una grande passione per la stessa, passione che li ha convinti a scegliere quella materia tra le tante, e farne l'oggetto della propria vita scientifica.

Considerando il volgere della sessione mattutina verso la fine, Falciasecca ha proposto la seguente riflessione per legare le due parti della giornata.

“Noi siamo convenuti qui ora per ricordare i nostri maestri: lo abbiamo fatto perché riteniamo che sia un giusto tributo, ma anche perché una riflessione sul passato è utile per comprendere la realtà nella quale viviamo. Nel pomeriggio si affronterà il tema di come si dovranno evolvere la figura dell'ingegnere e degli studi di Ingegneria: uno sguardo verso il futuro, parola e concetto di cui oggi forse si abusa un po'. È bene ricordare che il nostro agire, la realtà, l'azione, è nel presente, nell'*hic et nunc*. Passato e futuro sono nostre creazioni culturali, dipendono dalla nostra capacità di ritenere e di organizzare la memoria di ciò che è accaduto e dalla grande dote degli esseri umani, la facoltà ipotetico deduttiva: *if then*. Chi non esercita questa azione culturale vive un presente effimero, povero e in ultima analisi anche egocentrico se non egoistico addirittura. L'azione nel presente va svolta in relazione all'obiettivo da raggiungere e per fare ciò l'esperienza di chi ci ha preceduto è fondamentale. Il discorso si potrebbe fare troppo lungo e quindi lo particolarizzo immediatamente per l'ingegnere. Una caratteristica di fondo dell'ingegnere è la capacità di fare progetti. Di usare le conoscenze passate, magari organizzate in sofisticate teorie matematiche, ma non sempre, per ottenere che la realizzazione di un manufatto, a volte nuovo e geniale, sia proprio come noi vogliamo. Il progetto che facciamo *hic et nunc* è il nostro modo di prevedere il futuro e forse potremmo dire l'unico dato all'uomo veramente. Ringraziamo quindi i maestri De Castro, Evangelisti, Pozzati, per ciò che hanno dato a noi e a tutti per costruire il futuro”.

RICORDI DEI MAESTRI

Ercole De Castro
Giuseppe Evangelisti
Piero Pozzati

Ricordo di Ercole De Castro

*Giorgio Baccarani**

Ringrazio il Comitato organizzatore per avermi assegnato il compito di rievocare la figura e l'opera di Ercole De Castro nell'occasione di questa iniziativa dedicata al ricordo di tre grandi Maestri della Facoltà di Ingegneria di Bologna. Mi accingo a questo compito con una profonda partecipazione, perché De Castro è stato per me non solo un Maestro di scienza, ma anche un uomo dotato di una statura etica che non si ritrova oggi facilmente nella società e nemmeno nell'Università di questo Paese.

Ercole De Castro ha fondato due importanti Scuole di ricerca nell'Università di Bologna: la Scuola di Telecomunicazioni e quella di Microelettronica. Se si valuta lo sviluppo applicativo che queste discipline hanno avuto negli ultimi decenni, si comprende la sua capacità di visione, avendo Egli saputo individuare sin dagli anni Cinquanta e Sessanta due aree elettive di straordinaria importanza per la sua ricerca personale e per quella dei suoi allievi e collaboratori.



* Professore Emerito di Elettronica, Alma Mater Studiorum - Università di Bologna.

1. Cenni biografici di Ercole De Castro

Laureato in Ingegneria Industriale (sottosezione Elettrotecnica) nel marzo del 1952 presso il Politecnico di Milano, Ercole De Castro trascorse un periodo di circa sei mesi presso l'Istituto di Comunicazioni Elettriche diretto dal prof. Francesco Vecchiacchi e, successivamente, fu impiegato presso la Direzione Tecnica della RAI di Milano per poco meno di un anno. Nel mese di ottobre del 1953 prese servizio come assistente volontario e, qualche tempo dopo, come assistente incaricato di Comunicazioni Elettriche nell'Istituto di Elettrotecnica di Bologna, diretto all'epoca dal prof. Stefano Basile.

Iniziò così la sua attività scientifica nell'Università, dopo aver consolidato la sua cultura fisico-matematica anche attraverso la frequenza a corsi tenuti da illustri docenti, come Dario Graffi, Bruno Ferretti e Giampietro Puppi. Dopo avere svolto gli insegnamenti di Complementi di Matematica e di Tubi Elettronici nella Scuola di perfezionamento in Radiocomunicazioni, gli fu conferito l'incarico di Comunicazioni Elettriche nell'a.a. 1956/57 che mantenne per un decennio. Nel 1958 ricevette la Libera Docenza in Elettrotecnica e nel 1961, all'età di soli 33 anni, fu primo vincitore in un concorso per posti di professore di ruolo in Elettronica Applicata bandito dall'Università di Bologna, dove prese servizio come Professore straordinario il 1° febbraio del 1962. Nello stesso anno divenne membro dell'Accademia delle Scienze dell'Istituto di Bologna. Nel 1965, divenuto Professore Ordinario, fondò l'Istituto di Elettronica assumendone la Direzione, che tenne soltanto per poco più di tre anni.

Promosse, con la collaborazione dei proff. Chiorboli e Spinedi, la costituzione del Laboratorio CNR sulla Fisica e Tecnologia dei Materiali e Componenti per l'Elettronica (LAMEL) fondato nel 1970 a Bologna, e fu Presidente del suo Consiglio Scientifico per un decennio. Presiedette inoltre il Gruppo Circuiti, Componenti e Tecnologie Elettroniche (CCTE) del Comitato di Ingegneria del CNR negli anni 1975-78.

Sin dai primi anni Sessanta aveva avviato una fruttuosa collaborazione con la Società Telettra, attiva nell'area dei sistemi di trasmissione via cavo e in ponte radio. Nel 1969 fu invitato ad entrare nel CdA della stessa azienda dal suo fondatore, Ing. Virginio Floriani, e mantenne questa posizione sino all'anno 1976. Inoltre, nel 1980, entrò a far parte del CdA del Centro Studi e Laboratori Telecomunicazioni (CSELT) del Gruppo STET.

Nel 1981 divenne membro corrispondente dell'Accademia dei Lincei. Nello stesso anno, gli fu conferita dal Presidente della Repubblica la medaglia d'oro di Benemerito della Scuola, della Cultura e dell'Arte.

2. Attività scientifica di Ercole De Castro

L'attività scientifica di Ercole De Castro si svolse nell'area delle Comunicazioni Elettriche per oltre un decennio. Appartengono a quell'epoca i suoi primi lavori sulla risposta di circuiti non lineari ad oscillazioni modulate in ampiezza e in frequenza con legge arbitraria [1,2]; sulle oscillazioni di rilassamento sincronizzate mediante impulsi periodici [3]

e sul progetto di un modulatore di frequenza ad elevata linearità per la sua utilizzazione nei ponti radio a stato solido [4]. Nel contempo, si occupò anche di problematiche prettamente circuitali, studiando gli amplificatori per correnti continue a transistori e la loro stabilizzazione [5,6], i transistori a resistenza differenziale negativa [7], i convertitori di frequenza a diodi tunnel [8], e la teoria degli amplificatori parametrici [9,10]. Queste tematiche erano allora considerate proprie delle Comunicazioni Elettriche, ma oggi possono essere riconosciute a tutti gli effetti come argomenti di Elettronica, anche se la loro applicazione era chiaramente rivolta alla disciplina suddetta. Occasionalmente, si occupò anche di problematiche di Bioingegneria, dimostrando l'analogia fra un sistema di oscillatori accoppiati e l'effetto di *pacemaker* delle cellule cardiache [11], e progettando un sistema di correzione dei movimenti incontrollati dell'occhio per l'esplorazione televisiva del fondo oculare [12].

Nei suoi lavori, Ercole De Castro manifesta una straordinaria chiarezza nella impostazione dei problemi oggetto di studio e nelle ipotesi di partenza, una limpida esposizione delle procedure di soluzione, e una capacità di trattamento di problemi matematici complessi con soluzioni originali. Nella commemorazione di Ercole De Castro svolta presso l'Accademia dei Lincei nel febbraio del 1986, Dario Graffi definì i suoi lavori "studi di Fisica-Matematica applicata all'Ingegneria", con un chiaro apprezzamento della loro qualità sotto il profilo metodologico e scientifico.

Verso la metà degli anni Sessanta Ercole De Castro sviluppò un profondo interesse per la Microelettronica, allora nascente con la realizzazione dei primi circuiti integrati. Si trattava all'epoca di semplici porte logiche ECL o TTL in tecnologia bipolare, ma la dimostrata possibilità di realizzare un circuito elettronico in forma integrata su di un unico chip di silicio lasciava intravedere l'opportunità di fabbricare circuiti miniaturizzati via via più complessi e dotati di prestazioni ineguagliabili con la tecnologia corrente, basata sull'assemblaggio di componenti discreti su scheda.

Ercole De Castro comprese per primo in Italia che le Facoltà di Ingegneria erano all'epoca largamente impreparate a fronteggiare sul piano educativo l'impatto della nuova tecnologia emergente, i cui fondamenti poggiano sulle basi della Meccanica Quantistica e della Fisica dei Solidi. Altrettanto carenti erano sotto il profilo della disponibilità di laboratori di ricerca che potessero accompagnare, attraverso opportune attività sperimentali, il processo di crescita delle conoscenze teoriche in materia. La sua azione fu pertanto duplice: in primo luogo Egli si adoperò per una crescita della cultura microelettronica disponibile nel suo gruppo di ricerca. A tal fine, orientò l'attività di due suoi allievi, Sergio Graffi e Pier Ugo Calzolari, sulla Fisica dei dispositivi elettronici a semiconduttore. Contestualmente, si adoperò per inviare Giovanni Soncini all'Università di Stanford e, successivamente, Giorgio Bacarani ai Laboratori Bell Telephone di AT&T, per favorire la maturazione di un'esperienza sperimentale accelerata nell'area dei dispositivi elettronici ed optoelettronici fruibile dopo il loro ritorno in sede.

La seconda azione di De Castro fu quella di sensibilizzare il mondo accademico e industriale all'esigenza di sviluppare adeguate competenze nazionali in un settore, quello della nascente Microelettronica, da Lui ritenuto di importanza strategica per lo sviluppo

del Paese. In una comunicazione al convegno sul tema: *Tecnologie avanzate e loro riflessi economici, sociali e politici*, organizzato dall'Accademia dei Lincei e svoltosi a Roma nel novembre del 1969 [13], Ercole De Castro pronunciava le seguenti parole:

È urgente rendere disponibili, per le attività di ricerca e progettazione connesse con lo sviluppo delle tecnologie elettroniche, giovani allenati alla collaborazione interdisciplinare in campo chimico, fisico ed elettronico; in particolare, ingegneri largamente aperti verso i moderni capitoli della Fisica che sono alla base delle nostre conoscenze sullo stato solido; con una preparazione, inoltre, saldamente ancorata ad una consistente attività sperimentale in laboratori adeguatamente attrezzati. Il che richiederà un certo sforzo di adattamento da parte delle nostre Facoltà di Ingegneria, che in questo settore presentano gravi lacune, e richiederà, d'altra parte, la disponibilità dei mezzi necessari. Occorre dunque una precisa volontà di operare in una certa direzione; occorre avere la possibilità di procedere con scioltezza e senza eccessive ristrettezze economiche; occorrerà innanzi tutto la capacità di organizzare le cose con una chiara visione degli obiettivi da raggiungere. Non è poco, ma la posta è troppo importante per potervi rinunciare.

Queste idee sono state a fondamento della sua iniziativa di dare vita, con la collaborazione dei professori Chiorboli e Spinedi, al "Laboratorio CNR per la Fisica e Tecnologia dei Componenti e dei Materiali per l'Elettronica", in breve LAMEL, istituito nel 1970, e nel quale Egli ricoprì per circa dieci anni la funzione di Presidente del Consiglio Scientifico. Questo Laboratorio, che oggi è integrato nel Macro-Istituto sulla Microelettronica e Microsistemi (IMM) del CNR, svolse negli anni settanta un ruolo di promozione e di avanguardia per la diffusione della Microelettronica nel contesto nazionale ed europeo, e rappresenta storicamente il primo esempio in Italia di una iniziativa autenticamente multidisciplinare di ricerca rivolta ad un settore applicativo che oggi costituisce la tecnologia abilitante per lo sviluppo dei sistemi per l'elaborazione dell'informazione e le comunicazioni personali.

Ercole De Castro si adoperò inoltre per sensibilizzare il mondo industriale e politico con una incessante attività di promozione della Microelettronica [14,15].

3. Attività didattica e pubblicistica di Ercole De Castro

Ercole De Castro aveva una grande vocazione per la didattica, che esercitava con profonda competenza e con una predilezione per gli aspetti concettuali delle discipline oggetto del suo insegnamento. Questa visione lo indusse a rivedere in forma originale i loro contenuti, e a dedicare una parte molto considerevole del proprio impegno alla elaborazione di libri di testo nei quali erano sviluppati i fondamenti delle diverse discipline, con approfondimenti che andavano molto al di là dei contenuti strettamente necessari per la sua attività didattica.

Questa sua vocazione si manifestò sin dai primi anni della sua attività. Lo svolgimento degli insegnamenti di Complementi di Analisi Matematica e di Tubi Elettronici

nella Scuola di Perfezionamento in Radiocomunicazioni lo indusse ad elaborare due opere a contenuto didattico: un testo di *Complementi di Analisi Matematica* avente come sottotitolo *Applicazioni all'Elettrotecnica e alle Comunicazioni Elettriche*, e un sintetico volume di *Fondamenti di Elettrodinamica*, entrambi pubblicati da Zanichelli nell'anno 1961. Il primo di questi volumi è articolato in sette capitoli aventi per oggetto le funzioni analitiche, gli sviluppi in serie di funzioni ortogonali, la trasformata e l'integrale di Fourier; la trasformata di Laplace; le funzioni speciali, le equazioni alle derivate parziali e le equazioni alle differenze finite. Questi temi rappresentano una integrazione ai programmi di Analisi Matematica svolti nel biennio di grande rilevanza per la formazione di un ingegnere. Il secondo volume sopra citato contiene una rielaborazione della teoria della relatività ristretta, dai concetti di base sulle trasformazioni di Lorentz, le omografie vettoriali e i tetravettori, sino alle equazioni di Minkowski e al tensore energetico. Questa trattazione è funzionale allo studio della dinamica degli elettroni nel vuoto ad alta energia.

Analoghe considerazioni possono farsi con riferimento al trattato dal titolo: *Fondamenti di Comunicazioni Elettriche*, pubblicato nell'anno 1966. Anche in questo caso, Ercole De Castro si focalizza sui contenuti di base delle telecomunicazioni. Egli tratta infatti diffusamente la trasmissione dell'informazione attraverso onde elettromagnetiche, la teoria della modulazione, l'analisi dei segnali aleatori e del rumore e la teoria dell'informazione. Attribuisce invece minore importanza agli aspetti realizzativi degli apparati e dei sistemi di telecomunicazioni, di cui fornisce al più uno schema a blocchi e una descrizione dei loro requisiti funzionali, nella consapevolezza della loro limitata importanza formativa a cagione della rapida obsolescenza delle tecnologie di fabbricazione. La trasformazione delle centrali elettromeccaniche di commutazione telefonica in centrali elettroniche basate sulla codifica digitale dei segnali, avvenuta nei primi anni Settanta, dimostra pienamente la validità dell'impostazione concettuale del corso di Comunicazioni Elettriche voluta da De Castro, che ha percorso i tempi anticipando una metodologia di insegnamento affermatasi in anni successivi.

A seguito della riforma degli studi di Ingegneria che ebbe luogo nell'a.a. 1960/61, le Facoltà poterono organizzarsi in corsi la laurea scelti in modo autonomo sulla base delle competenze esistenti localmente. A Bologna furono istituiti sei corsi di Laurea in Ingegneria Elettrotecnica, Elettronica, Civile, Meccanica, Chimica e Mineraria, a cui si aggiunse Ingegneria Nucleare due anni più tardi. Il piano degli studi di Ingegneria Elettronica, che permarrà largamente inalterato sino all'a.a. 1967/68, prevedeva due nuovi insegnamenti di Complementi di Matematica e di Complementi di Fisica al terzo anno, in aggiunta ai corsi più tradizionali di Elettrotecnica I, Fisica Tecnica, Scienza delle Costruzioni, e Analisi statistica. Gli insegnamenti caratterizzanti del corso di laurea furono collocati al quarto anno: Elettronica Applicata, Comunicazioni Elettriche, Campi Elettromagnetici e Circuiti, Elettrotecnica II, Impianti Elettrici e Macchine. Nel quinto anno furono collocati gli insegnamenti di Controlli Automatici, Radiotecnica, e Misure Elettriche, in aggiunta a due gruppi di corsi a scelta orientati alle Telecomunicazioni e all'Informatica.

Dall'a.a. 1960/61, Ercole De Castro fu incaricato dell'insegnamento di Elettronica Applicata che trattava in prevalenza tematiche di carattere circuitale, e che divenne il suo compito istituzionale dall'anno 1962. Anche per questo insegnamento Ercole De Castro si allontanò dai libri di testo di uso corrente, nei quali una trattazione fenomenologica dei dispositivi di base precedeva la presentazione di un'ampia varietà di circuiti ancorata alle specifiche caratteristiche dei dispositivi allora in uso, senza che da questa emergesse una metodologia generale di soluzione degli stessi. L'impostazione di De Castro è viceversa di tipo sistemistico e prescinde totalmente dalle caratteristiche dei dispositivi, soggetti a mutare con l'evoluzione della tecnologia. Dunque, la sua trattazione considera ampie classi di circuiti, come gli amplificatori, i modulatori di ampiezza e di frequenza, i rivelatori e gli oscillatori, che sono trattati con metodologie generali spesso mutate dalla dinamica non lineare. Soltanto nelle ultime lezioni del corso Egli introduceva una trattazione sui dispositivi correnti, fra i quali stavano emergendo i transistori. Il continuo affinamento dei contenuti del corso di Elettronica Applicata e la maturazione progressiva dei fondamenti di fisica che stanno alla base della teoria dei dispositivi lo indusse, nella seconda metà degli anni Sessanta, a sdoppiare il corso in due insegnamenti. Il primo, denominato inizialmente Elettronica Generale e, dopo un breve transitorio, Elettronica Applicata I, conservava i contenuti dell'Elettronica circuitale e fu affidato in forma sdoppiata a Sergio Graffi e Pier Ugo Calzolari. Nel secondo insegnamento, denominato Elettronica Applicata II, De Castro diede progressivamente ampio risalto alla Meccanica Quantistica e alla Fisica dei Solidi, come base concettuale della teoria dei dispositivi. Ancora una volta si affermò dunque la sua visione della maggior rilevanza dei contenuti di base e dei metodi generali rispetto alle tecnologie implementative e le proprietà fenomenologiche degli specifici dispositivi correntemente utilizzati. La transizione dai transistori bipolari a quelli MOS, che presero definitivamente il sopravvento all'inizio degli anni Ottanta nelle tecnologie dei calcolatori, dimostra ancora una volta la validità della Sua impostazione nell'insegnamento delle discipline di interesse ingegneristico.

All'inizio degli anni Settanta, Ercole De Castro intraprese la stesura del secondo volume di un trattato di *Fondamenti di Elettronica*, avente come sottotitolo *Fisica Elettronica ed Elementi di Teoria dei Dispositivi*. Il primo volume dell'opera, di cui pospose la stesura, avrebbe nelle Sue intenzioni riguardato l'Elettronica circuitale, ma rimase purtroppo incompiuto per la Sua prematura scomparsa. Di esso ci rimangono le dispense pubblicate dalla Cooperativa Libreria Universitaria ad uso degli studenti, da cui emerge comunque, pur nella sintesi degli argomenti trattati, la Sua visione sistemica della disciplina.

Pubblicato da UTET nell'anno 1975, il volume sulla Fisica Elettronica ha costituito un'opera che non è azzardato definire monumentale. Esso compendia infatti una trattazione di Meccanica Quantistica e di Fisica dei Solidi, che precede l'analisi dei dispositivi a semiconduttore, nonché un corso di Ottica elettronica che presiede al funzionamento dei tubi a vuoto, quali: tubi catodici, microscopi elettronici, klystron di potenza e tubi ad onda progressiva. Questi dispositivi conservano ancora oggi un'importanza rilevante per la strumentazione di misura, per i sistemi di trasmissione ad elevata potenza e le ap-

plicazioni radar. L'approfondimento dei concetti trattati fece di questa opera non solo un libro di testo per studenti dei corsi di Elettronica Applicata e di Elettronica Quantistica, ma anche uno straordinario strumento di consultazione e di studio per dottorandi e ricercatori interessati a chiarire i concetti fondamentali della Microelettronica. Il rigore scientifico di questo trattato rispecchia in pieno le linee guida dell'insegnamento di Ercole De Castro in tutti i campi in cui Egli ha operato. Le sue finalità sono descritte con la consueta precisione dal suo Autore nella Prefazione:

Il trattato in due volumi che mi accingo a presentare si prefigge un duplice scopo: innanzitutto spiegare ai giovani studiosi i concetti fisici ed i metodi matematici che sono alla base dell'Elettronica moderna, sia per quanto riguarda la fenomenologia circuitale, sia per quanto attiene alla teoria di quei particolari dispositivi che dei circuiti elettronici sono il presupposto essenziale; in secondo luogo rendere disponibile, oltre alle nozioni istituzionali che rappresentano il corredo culturale di ogni serio ingegnere elettronico, un sostanziale supplemento di materia. Ciò per consentire ai più dotati e volenterosi di allargare e di approfondire la propria preparazione generale, senza l'onere di consultare numerosi testi concepiti con finalità diverse e perciò tali da richiedere un notevole sforzo di orientamento.

Appare da queste parole la costante preoccupazione di agevolare il compito degli studenti di Ingegneria, non tanto attraverso una semplificazione della materia, quanto piuttosto mediante la creazione di un contesto coerente ed esaustivo dal quale essi potessero attingere tutti i concetti fondamentali della disciplina. E dopo aver ulteriormente precisato lo spirito della sua impostazione, aggiunge:

Per capire il significato, e quindi l'utilità di una innovazione tecnologica, nella consapevolezza delle sue intrinseche limitazioni e perciò delle sue reali prospettive di sviluppo, serve a poco la descrizione della sequenza di operazioni che essa comporta senza una chiara comprensione del processo fisico che ne è alla base. Ma una tale comprensione richiede una approfondita conoscenza di taluni capitoli della Fisica moderna, che non trovano posto nei programmi dei nostri bienni propedeutici. Basti pensare che l'interpretazione di quanto avviene nella più elementare struttura di cui si compongono i dispositivi a semiconduttori, la giunzione p-n, è fondata in modo essenziale sulla Meccanica Quantistica: senza l'uso di questo strumento concettuale, non si riesce a giustificare nemmeno il segno delle cariche in movimento, quale risulta da semplici rilievi sperimentali.

Traspare, da queste considerazioni, la visione di Università di Ercole De Castro, come sede per la trasmissione di concetti fondanti delle discipline oggetto di studio. Appare inoltre la sua visione della figura di Ingegnere come quella di un progettista dotato di cultura fisica ad ampio spettro, e della capacità di trasferire i concetti generali di questa cultura nel progetto di sistemi complessi utili all'umanità.

Le considerazioni conclusive di tale prefazione sono ancora rivolte alla figura dell'Ingegnere elettronico da Lui vagheggiata, e alla preparazione di base che lo deve sostenere nella sua attività progettuale. Dopo un tributo all'*intrinseca bellezza dei più moderni*

capitoli della Fisica e alla loro *utilità pratica*, egli conclude con una sintesi delle finalità e dei contenuti del volume, che corrispondono a tre corsi universitari così delineati:

È opportuno dunque che l'Ingegnere elettronico possieda una adeguata preparazione di base anche in questo ordine di questioni, che del resto hanno il pregio di dargli l'occasione di accostarsi ai più moderni capitoli della Fisica e di comprenderne, oltre all'intrinseca bellezza, anche l'utilità pratica nelle discipline applicative a lui più congeniali. Il secondo volume di questi "Fondamenti" è perciò dedicato alla Fisica elettronica ed agli elementi della Teoria dei dispositivi e compendia una materia che corrisponde, su per giù, al contenuto di tre corsi universitari, rispettivamente di "Complementi di Fisica", di "Ottica elettronica" e di "Teoria dei dispositivi a semiconduttori".

4. Collaborazione con l'industria

Sin dai primi anni Sessanta Ercole De Castro avviò una collaborazione con la Società Telettra, un'azienda attiva nel campo dei sistemi di trasmissione via cavo e in ponte radio con sede a Vimercate (MI). L'accordo con Telettra si rivelò fecondo di risultati sul piano scientifico e industriale: da un lato, per la finalizzazione applicativa della ricerca teorica e, dall'altro, per la individuazione di tematiche di ricerca accademica di elevato interesse applicativo.

Un esempio di quegli anni, alle soglie della transistorizzazione dei ponti radio a microonde, è rappresentato dall'attività riguardante lo sviluppo di un modulatore di frequenza a larga banda [4]. La conoscenza profonda della dinamica non lineare, che si manifesta in un'ampia varietà di pubblicazioni scientifiche di De Castro, gli consentì di concepire uno schema elettrico in *push-pull* capace di compensare le non linearità dei diodi varactor, mediante i quali si poteva trasformare un segnale modulante in un segnale modulato in frequenza. Il modulatore da lui concepito fu oggetto di un importante brevetto che anticipò la concorrenza degli altri costruttori.

In riconoscimento dei suoi contributi, l'Ing. Floriani, fondatore e amministratore delegato di Telettra, gli offrì di entrare nel CdA dell'Azienda nel 1969, dove Egli rimase sino al 1976, anno nel quale l'Azienda fu ceduta al gruppo FIAT. Mantenne tuttavia la sua attività di consulenza che esercitò in vario modo, sia attraverso un dialogo costante con i ricercatori e progettisti dei Laboratori di R&S, sia svolgendo corsi di aggiornamento professionale.

Ercole De Castro ha sempre ritenuto che una moderata attività professionale, che non andasse a detrimento degli obblighi accademici, potesse essere utile ai docenti della Facoltà di Ingegneria, per la sua capacità di esposizione a problematiche di interesse applicativo che non sarebbero altrimenti state individuate come temi di ricerca in un contesto strettamente accademico. Come è del tutto evidente, questa simbiosi mutualistica, di difficile realizzazione, richiede peraltro l'incontro di una personalità scientifica di grande statura, con un'Industria fortemente orientata all'innovazione. Ercole De Castro e Telettra rispondevano pienamente a questi requisiti.

5. L'eredità di Ercole De Castro

Sono molte le eredità che questo grande Maestro ha lasciato ai suoi allievi. Una delle più importanti è, ad avviso di chi scrive, quella di aver dato vita nell'Università di Bologna a due grandi scuole di ricerca, che sono poi cresciute nel tempo forse persino al di là di quanto Egli non prevedesse: la scuola di Telecomunicazioni e, successivamente, quella di Microelettronica. Se si considera lo sviluppo che queste discipline ebbero nei successivi decenni, appare in tutta evidenza la capacità di visione di cui Egli era dotato. Ercole De Castro selezionò un nucleo di giovani e valenti ricercatori, ed insegnò loro con l'esempio spinto sino all'abnegazione i valori della cultura, della scienza e dell'impegno costante, sostenendo sempre il valore di una cultura scientifica a largo spettro, pur in presenza di una crescente tendenza alla specializzazione.

A conclusione di questo capitolo, non appare superfluo illustrare la statura etica di Ercole De Castro, mediante la descrizione di alcuni comportamenti che Egli praticò nelle più svariate circostanze. In primo luogo, Egli non fece mai pesare le idee, gli stimoli e le discussioni scientifiche condotte con i suoi allievi per inserire il proprio nome nelle pubblicazioni, almeno in ultima posizione come *senior author*, anche se la cosa sarebbe stata più che legittima. Egli considerava la funzione di Maestro come un dovere distinto dalla propria attività di ricerca, che perseguiva quasi esclusivamente in forma autonoma. Rifiutava pertanto di figurare come coautore delle pubblicazioni dei suoi allievi, anche nel caso in cui il Suo contributo di idee, di cui era prodigo, fosse stato fondamentale per l'ottenimento dei risultati della ricerca. Per tale ragione, Egli compare in un numero assai limitato di pubblicazioni unitamente ad altri coautori, e solo nei casi in cui il suo contributo fosse stato di gran lunga prevalente.

Un secondo esempio attiene al rigore morale che Egli soleva esercitare verso sé stesso. Negli anni Sessanta e Settanta, la linearizzazione dei circuiti non lineari veniva compiuta nei testi di riferimento linearizzando le caratteristiche statiche dei transistori, e inserendo a posteriori nel circuito equivalente opportune capacità interelettrodiche, la cui origine rimaneva non chiarita. De Castro elaborò per primo una teoria della linearizzazione delle equazioni integro-differenziali che governano il funzionamento dei circuiti elettronici. Tale procedura, di carattere squisitamente matematico, rendeva immediatamente disponibili gli effetti reattivi nel circuito equivalente per piccoli segnali con una trattazione di grande eleganza e pulizia formale.

E ai suoi collaboratori che lo sollecitavano a pubblicare questa metodologia, Egli oppose l'argomento che Poincaré aveva già fatto uso di un metodo analogo nello studio delle traiettorie dei pianeti, e che pertanto il metodo non poteva considerarsi del tutto originale. In verità, l'applicazione alla propria disciplina di metodologie di analisi mutuata da altri campi della scienza, rappresenta di per sé un contributo di ricerca che apre la strada a nuovi sviluppi di interesse potenziale, e oggi nessun ricercatore si asterrebbe dalla pubblicazione di un simile risultato.

Un ulteriore esempio della sua dirittura morale attiene alla decisione di interrompere ogni rapporto professionale con l'Industria all'atto della pubblicazione del D.P.R. 382

del 1980 sulla riforma dell'Università, pur nella sua personale consapevolezza che tale collaborazione, se praticata entro opportuni limiti di tempo da lui sempre osservati, fosse di grande importanza per la crescita professionale di un docente di Ingegneria. Il suo impegno per l'Università era così totalizzante che egli non accettò mai di essere considerato un professore universitario a tempo parziale.

Ma l'esempio forse più importante della sua statura etica fu l'atteggiamento di virile coraggio da lui tenuto quando seppe di essere affetto da un male incurabile. Consapevole del dolore che la sua scomparsa avrebbe arrecato alla famiglia e, segnatamente, ai suoi figli ancora giovanissimi, egli lottò contro di esso con tutti i mezzi per differire nel tempo l'inevitabile epilogo. Questo non gli impedì tuttavia di continuare il proprio lavoro di docente e di ricercatore, che esercitò con determinazione e grande serenità sino alla crisi che, il 1° dicembre 1984, lo sottrasse all'affetto della famiglia e di quanti ebbero il privilegio di conoscerlo e di apprezzarlo come Maestro. Ne è prova la sua presentazione all'Accademia dei Lincei di un lavoro realizzato in collaborazione con Piero Olivo sulla quantizzazione dell'energia negli strati di accumulazione all'interfaccia Si-SiO₂, avvenuto il giorno 24 novembre 1984, sette giorni prima della sua scomparsa [16].

Ercolo De Castro fu dunque un educatore, uno scienziato, un inventore, un organizzatore della ricerca e un amministratore, e rappresenta colui che, a conoscenza di chi scrive, ha meglio di ogni altro interpretato la funzione di docente universitario sotto il profilo culturale, scientifico ed etico nell'interesse generale degli studi e dell'Università.

Bibliografia

- [1] E. De Castro, *Considerazioni sulla risposta dei circuiti non lineari ad oscillazioni modulate in ampiezza ed in frequenza con legge qualsiasi*, «La Ricerca Scientifica», 1956.
- [2] E. De Castro, E. Stanghellini, *Sul trasferimento della modulazione di ampiezza in modulazione di frequenza operato da taluni circuiti limitatori*, «Alta Frequenza», 1957.
- [3] E. De Castro, *Sulla stabilità delle oscillazioni di rilassamento sincronizzate mediante impulsi*, «Alta Frequenza», 1960.
- [4] E. De Castro, E. Proni, *Modulatore di frequenza a diodi varactor*, «Alta Frequenza», 1963.
- [5] E. De Castro, *Amplificatori per correnti continue a transistori*, Atti del Congresso di Elettronica, Roma 1956.
- [6] E. De Castro, R. Rossi, *La stabilizzazione degli amplificatori per correnti continue. Note sull'impiego di convertitori c.c. - c.a. a transistori*, Atti del Congresso di Elettronica, Roma 1958.
- [7] E. De Castro, *I transistori a giunzione come bipoli a resistenza negativa*, Rendiconti AEI, 1959.
- [8] E. De Castro, *Stabilizzazione del guadagno dei convertitori di frequenza a diodi tunnel*, Atti del Congresso di Elettronica, Roma, 1961.
- [9] E. De Castro, *Sulla teoria degli amplificatori parametrici e di convertitori amplificatori di tipo resistivo*, «Alta Frequenza», n. 6, 1961.
- [10] E. De Castro, V.A. Monaco, *Amplificatori parametrici di tipo degeneri*, Atti del Congresso di Elettronica, Roma, 1961

- [11] E. De Castro, *Sulla sincronizzazione mutua di un insieme di oscillatori accoppiati. Considerazione sull'effetto di pace-maker nelle cellule cardiache*. Atti dell'Accademia delle Scienze dell'Istituto di Bologna, febbraio 1979.
- [12] E. De Castro, C. Morandi, *Tracking di immagini in movimento rigido roto-traslatorio mediante trasformate di Fourier*, Atti dell'Accademia delle Scienze dell'Istituto di Bologna, aprile 1984.
- [13] E. De Castro, *Nuove tecnologie elettroniche e loro applicazioni*. Atti del convegno su *Tecnologie avanzate e loro riflessi economici, sociali e politici*, Accademia Nazionale dei Lincei, novembre 1969.
- [14] E. De Castro, *La ricerca sui dispositivi elettronici allo stato solido in Italia*. Atti dell'incontro su *Ricerca ed Informatica in Italia* promosso da Olivetti presso il CNR di Roma, novembre 1974.
- [15] E. De Castro, *Considerazioni sul problema della incentivazione della ricerca applicata nel settore elettronico*. Relazione alla Commissione Industria della Camera dei Deputati, ottobre 1977.
- [16] E. De Castro, P. Olivo, *Existence of a quasi-continuous distribution of bound states level subbands at an accumulation or inversion layer of semiconductor-insulator interfaces*, Accademia Nazionale dei Lincei, novembre, 1984.

Trattati a contenuto didattico

- E. De Castro, *Complementi di Matematica con applicazioni all'Elettrotecnica e alla Comunicazioni Elettriche*, Zanichelli, Bologna, 1961.
- E. De Castro, *Fondamenti di Elettrodinamica*, Patron, Bologna, 1961.
- E. De Castro, *Fondamenti di Comunicazioni Elettriche*, Zanichelli, Bologna, 1966.
- E. De Castro, *Fondamenti di Elettronica: Fisica Elettronica ed Elementi di Teoria dei Dispositivi*, UTET, Torino, 1975.
- E. De Castro, *Introduzione fenomenologica alla Teoria dei dispositivi a semiconduttori*, Edizioni Scientifiche Telettra, 1982.

Ulteriori riferimenti bibliografici

- V.A. Monaco, *Itinerario scientifico e dimensione dell'insegnamento*, in *Ercole De Castro: Scritti scelti, Bologna 2 dicembre 1985*, Pitagora-Tecnoprint, Bologna, 1985; volume pubblicato nella giornata di studio in suo ricordo.
- G. Vannucchi, *I rapporti con il mondo industriale*, in *Ercole De Castro: Scritti scelti*, cit.
- L. Calandrino, *Vittorio Gori ed Ercole De Castro, Lincei: Esordio e sviluppo della disciplina delle Comunicazioni Elettriche nella Facoltà di Ingegneria di Bologna*, in *Nascita e sviluppo dell'Ingegneria all'Università di Bologna*, a cura di E. Mesini e D. Mirri, Bononia University Press, Bologna, 2019.

Ricordo di Giuseppe Evangelisti*

*Claudio Melchiorri***

1. La Persona

Non è semplice presentare la figura o riassumere i punti essenziali e qualificanti della vasta e multiforme attività di Giuseppe Evangelisti. I suoi interessi si estendevano dalla Matematica pura a diverse applicazioni ingegneristiche, le sue ricerche – se pur sviluppate in diversi campi – erano sempre originali e intuitive degli sviluppi successivi, le sue innovazioni ed impostazioni didattiche sembrano attuali anche oggi. Queste brevi note riportano in forma schematica alcuni tra i contributi che Egli seppe portare alla Scuola di Ingegneria dell'Università di Bologna che, a parte l'eccellenza scientifica, ancora oggi sono tangibili nelle persone e nelle strutture dell'Ateneo.



* Molte parti di questo contributo si basano sullo scritto del Prof. Giovanni Marro [1].

** Professore Ordinario, Dipartimento di Ingegneria dell'Energia Elettrica e dell'Informazione "Guglielmo Marconi", Alma Mater Studiorum - Università di Bologna.

Il prof. Evangelisti è nato a Molinella (BO) il 25 novembre 1903, figlio dell'ing. Attilio Evangelisti (1871-1941) e Giuseppina Roversi, nipote del Dott. Giuseppe Evangelisti e Virginia Calza, tutte personalità molto in vista a Medicina (BO). È venuto a mancare nel 1981.

Il padre Attilio era persona molto attiva e coinvolta in attività cooperative e politiche: ricoprì il ruolo di Direttore tecnico della SACOMB (Cooperativa degli Operai del Mandamento di Budrio), grande azienda di conduzione terreni e di produzione e lavoro, ed ebbe diversi incarichi nel Comune di Medicina e come membro del P.S.I. [2]. Questo per sottolineare l'ambiente dinamico della giovinezza del prof. Evangelisti, periodo in cui certamente entrò in contatto con personaggi divenuti poi molto noti a livello nazionale come Giuseppe Massarenti, Andrea Costa, Ivanoe Bonomi, Leonida Bissolati ed altri. Peraltro, questi contatti sono certamente alla base della sua successiva adesione al Comitato di Liberazione Nazionale Emilia-Romagna, come membro della commissione tecnica.

Dal punto di vista accademico e professionale, il prof. Evangelisti si è laureato nel 1927 con il massimo dei voti in Ingegneria Civile all'Università di Bologna. Ha esercitato la libera professione dal 1927 al 1931, anno in cui è diventato Assistente Volontario alla Scuola di Ingegneria dell'Università di Bologna. Nel 1936 ha ottenuto la Libera Docenza in Idraulica, nel 1939 è stato nominato Professore Straordinario e nel 1942 Professore Ordinario in Costruzioni Idrauliche. Nel 1974 è diventato Professore fuori ruolo e nel 1979 è stato collocato a riposo.

Il prof. Evangelisti era persona di ampia cultura e molteplici interessi di ricerca, dotato di qualità umane eccezionali. Tra i suoi meriti scientifici e accademici si può ricordare che, nonostante il suo principale ambito di ricerca fosse quello dell'Idraulica, ha contribuito ad introdurre anche a livello internazionale quella che oggi è la disciplina dell'Automatica. Egli è stato infatti autore del primo libro dedicato ad una trattazione sistematica del controllo automatico, è stato personalmente attivo ad alto livello in ricerche che oggi si possono definire di Sistemistica e collegate in particolare alla disciplina della Teoria dei Sistemi, è stato il primo docente di Controlli Automatici a Bologna, ed è stato personalmente attivo in iniziative, a livello non solo nazionale, per la definizione gruppo di discipline di Automatica. Nel 1956 fu infatti tra i fondatori (quale membro italiano) dell'IFAC (*International Federation of Automatic Control*), il principale organismo internazionale nell'ambito dell'Automatica [3].

Essendo persona di ampi interessi culturali e scientifici, fu anche il promotore dell'acquisto del primo calcolatore elettronico a Bologna, e divenne direttore del Centro Calcoli e Servomeccanismi presso la Scuola di Ingegneria, Centro in cui si formarono e operarono i primi docenti in corsi di Automatica, Informatica e Ricerca Operativa dell'Università di Bologna.

Queste note raccolgono in forma sintetica i numerosi contributi del prof. Evangelisti, descrivendo le sue principali attività su:

- gli studi di regolazione e controllo;
- la didattica con l'introduzione dei primi corsi di Controlli Automatici;

- l'introduzione del calcolo elettronico a Bologna;
- le persone e le strutture che ha contribuito a crescere e sviluppare.

Verranno infine riportate alcune note sui numerosi ed importanti riconoscimenti nazionali e internazionali che gli sono stati attribuiti. Quanto qui succintamente descritto si basa sui documenti [1, 4-8].

2. I primi lavori sulla regolazione e l'impatto sulla comunità dei Controlli Automatici

Già nel 1939, il prof. Evangelisti rivela l'originalità del suo pensiero scientifico e l'attività delle sue ricerche con lo studio del fenomeno del "colpo d'ariete" per mezzo del calcolo simbolico, con cui analizza i relativi fenomeni oscillatori.

Per tale lavoro Egli viene subito inserito fra i più prestigiosi ricercatori sull'argomento, fra i quali vale la pena menzionare Lorenzo Allievi. Da questo momento la maggior parte della sua attività scientifica sarà dedicata alla ricerca sul moto vario nei sistemi in pressione. Si vedano come esempi di queste ricerche le pubblicazioni [9, 10, 11] scritte negli anni Trenta.

Evangelisti, pur essendo docente di Idraulica, fu tra i primi ricercatori a livello nazionale ad interessarsi di argomenti di controllo, che egli riteneva importanti anche per i suoi studi. In campo nazionale, i primi studi nel settore dei controlli risalgono agli stessi anni Trenta a cura del prof. Giuseppe Massimo Pestarini (1886-1957), docente al Politecnico di Torino e ad Ingegneria a Roma, citato a proposito delle metadinamo da lui inventate e spesso utilizzate in applicazioni di controllo. Evangelisti pubblicò i suoi primi lavori di analisi di stabilità e controllo nei primi anni Quaranta, periodo quindi in cui questi ambiti scientifici erano decisamente agli albori. Tra le pubblicazioni di Evangelisti di quegli anni, alcune paiono particolarmente significative per le discipline dei Controlli Automatici e della Teoria dei Sistemi [12-15].

Nel 1941 compone un primo lavoro dal titolo *Alcune osservazioni sul colpo d'ariete e sulla regolazione delle turbine idrauliche* [12]. Strettamente connesso a questo e sicuramente, come riconosciuto in seguito, più importante, è la pubblicazione [13] del 1942 (Fig. 1), in cui presenta un'estensione della condizione di Thoma¹ per la stabilità degli impianti idroelettrici in condizione di regolazione di potenza.

Nel 1947 pubblica il celebre trattato sulla *Regolazione delle turbine idrauliche* [14] (Fig. 2). Questo libro ha la struttura e, in parte, il contenuto di un libro di Controlli Automatici. In esso le diverse parti di cui è costituito il sistema vengono analizzate separatamente, per ciascuna di esse viene dedotto un modello matematico rigoroso e vengono poi presentati gli algoritmi per la soluzione dei problemi e discusso il campo di validità di possibili ipotesi semplificative utili al progettista.

¹ Nel 1911 il tedesco Dietrich Thoma (1881-1943) formulò una condizione per la stabilità dei pozzi piezometrici in sistemi autoregolanti.

Adduzioni in pressione e stabilità di regolazione negli impianti idroelettrici

Prof. Ing. GIUSEPPE EVANGELISTI

Professore Ordinario di Costruzioni Idrauliche nella Università di Bologna

1. — È noto che nella moderna tecnica idroelettrica le esigenze di regolarità di marcia delle turbine sono oltremodo rigide: ed è pure noto che, nell'indispensabile processo della regolazione automatica, esistono diverse cause che insidiano questa regolarità, e che possono anche raggiungere un'importanza tale da rendere il funzionamento instabile.

Oltre alle cause di origine meccanica — cioè dovute agli organi regolatori — ne esiste un'altra di carattere esclusivamente idraulico, avendo essa sede nel complesso esterno di adduzione e scarico. Quest'ultima causa è conosciuta da tempo: sperimentalmente dal 1904 in un caso divenuto notissimo, quello dell'impianto idroelettrico di Heimbach, nella Svizzera; teoricamente dal 1910, attraverso una classica memoria del THOMA, il quale riuscì a impostare analiticamente e spiegare in modo soddisfacente l'essenza del fenomeno (*).

Figura 1. La pubblicazione *Adduzioni in pressione e stabilità di regolazione negli impianti idroelettrici* del 1942. In questo lavoro Evangelisti presenta una importante estensione della condizione di Thoma sulla stabilità di impianti idroelettrici.

GIUSEPPE EVANGELISTI

ORDINARIO DI COSTRUZIONI IDRAULICHE NELL'UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

LA REGOLAZIONE DELLE TURBINE IDRAULICHE



NICOLA ZANICHELLI EDITORE
BOLOGNA 1947

Figura 2. La copertina del testo del prof. Evangelisti sulla regolazione delle turbine idrauliche.

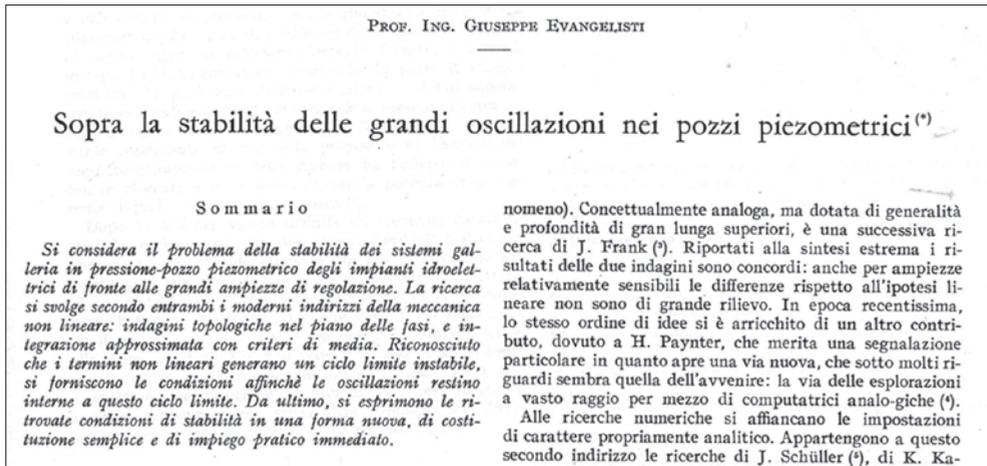


Figura 3. L'articolo *Sopra la stabilità delle grandi oscillazioni dei pozzi piezometrici* del 1951.

Il lavoro *Sopra la stabilità delle grandi oscillazioni dei pozzi piezometrici* del 1951 [15] (Fig. 3), presenta uno dei risultati più importanti della sua ricerca: dimostra che il ciclo limite nel piano delle fasi e il relativo campo di stabilità per oscillazioni di grande ampiezza è sempre contenuto in una circonferenza centrata nell'origine e di cui Egli riesce ad individuare la misura del raggio. Infante e Clark, anni dopo, riprendono il problema determinando anch'essi il ciclo limite, ma dando una diversa definizione del dominio di stabilità.

Anche in questo caso si evince la volontà da parte di Evangelisti di presentare risultati non solo rigorosi, ma anche applicabili senza difficoltà in assenza di dispositivi di calcolo automatico, ancora non disponibili in quegli anni, per la soluzione delle equazioni differenziali non lineari. Fu infatti nel 1964, quindi dopo diversi anni, che il prof. Giovanni Marro, a quel tempo giovane collaboratore del prof. Evangelisti, ha verificato i risultati di Infante e Clark sulla calcolatrice analogica PACE 231R, [16].

Il prof. Evangelisti aveva guadagnato fama e visibilità anche all'estero per i suoi lavori sulla stabilità dei sistemi. Il suo libro *La regolazione delle turbine idrauliche* risultò opera di riferimento sui controlli automatici nelle citazioni bibliografiche internazionali. Certamente anche per questo motivo egli venne chiamato, in rappresentanza dell'Italia, a far parte del gruppo delle prime otto nazioni che nel 1956 fondò l'IFAC, il più importante organismo scientifico internazionale nell'ambito dell'Automatica (Fig. 4).

Evangelisti partecipò al primo congresso internazionale organizzato dall'IFAC a Mosca nel 1960 (Fig. 5) con un contributo sul controllo in frequenza di impianti idroelettrici [17]. Inoltre, partecipò attivamente alle scuole "Problemi attuali di teoria dei Controlli Automatici" – Bressanone, negli anni 1963-1965 e fu autore della voce "Controlli Automatici" dell'Enciclopedia Treccani.

R E S O L U T I O N

Die Unterzeichneten befürworten die Gründung eines internationalen Verbandes für Regelungstechnik und erklären sich bereit, sich für diese Gründung in ihrem Heimatland einzusetzen. Der Verband soll zum Ziel haben:

1. den Austausch von Informationen auf dem Gebiete der Regelungstechnik zu erleichtern und dieses Gebiet zu fördern.
2. Internationale Kongresse für Regelungstechnik in die Wege zu leiten.

Heidelberg, 27. Sept. 1956

gez. Otto Grebe, Deutschland	gez. Werner Pohlens, Deutschld.
gez. Rufus Oldenburger, United States	gez. G. Evangelisti, Italien
gez. A. Tustin, Great Britain	gez. J. Boas-Popper, Israel
gez. J.F. Coales, Great Britain	gez. M. Ajnbinder, Belgique
gez. J.H. Westcott, Great Britain	gez. Ph. Passau, "
gez. H. Märzendorfer, Österreich	gez. Victor Broïda, France
gez. M. Kesarović, Jugoslavien	gez. Paul Profos, Schweiz
gez. J.M.L. Janesen, Netherlands	gez. L. v. Hamos, Schweden
gez. Jens G. Balchen, Norwegen	gez. Strejo Vladimir, CSR
gez. Jens R. Jensen, Danmark	gez. Hanuš, Bořivoj, CSR
gez. Gerd Müller, Deutschland	gez. A.M. Letow, UdSSR
gez. P.J. Nowacki, Polaka-Polen	gez. Keisuke Isawa, Japan
gez. Heinrich Kindler, Deutschland	gez. G. Ruppel, Deutschland
gez. H. Chestnut, USA	

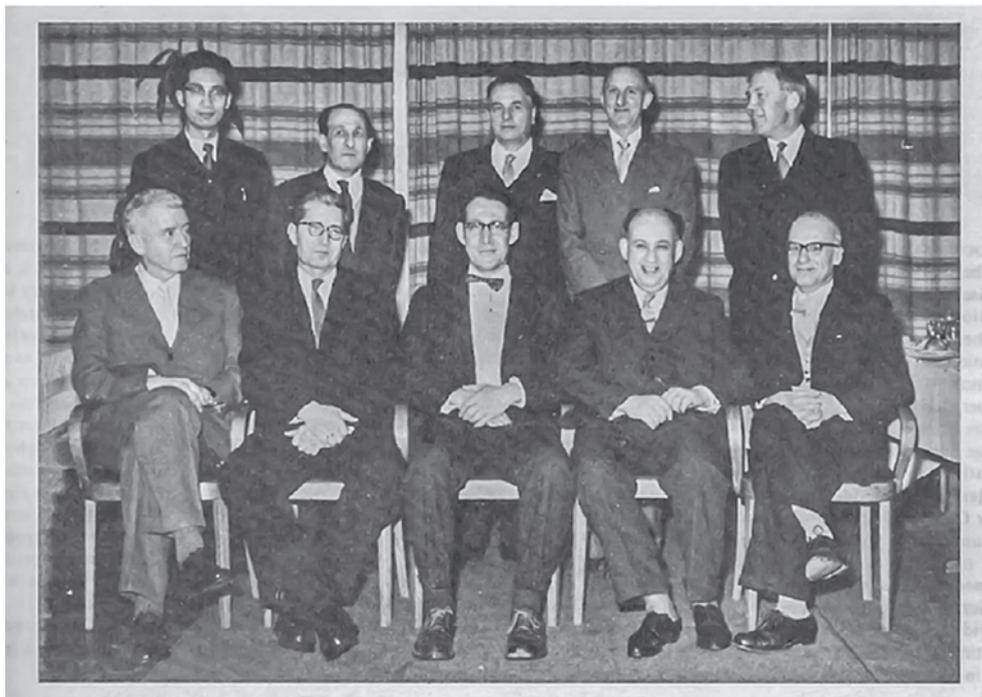


Figura 4. Documento di fondazione di IFAC (presente il prof. Evangelisti tra i firmatari), e l'IFAC Executive Board (Roma, 1959), Evangelisti è in piedi al centro.

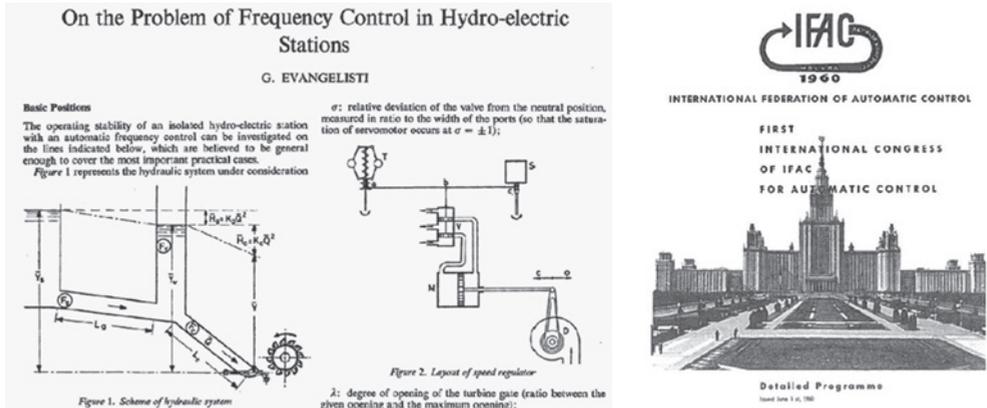


Figura 5. Pubblicazione del prof. Evangelisti al primo Congresso Internazionale di IFAC e locandina dell'evento, Mosca 1960.

Il suo impegno nel settore dell'Automatica non si fermò alla sola ricerca. Egli introdusse, nell'Anno Accademico 1960-61, il primo corso di Controlli Automatici presso la Facoltà di Ingegneria dell'Università di Bologna e ne fu docente fino all'Anno Accademico 1964-65. Per questi corsi, Evangelisti scrisse anche un libro [18] (Fig. 6), con contenuti ripresi negli anni seguenti dal prof. G. Marro e dal prof. C. Bonivento per propri testi didattici.

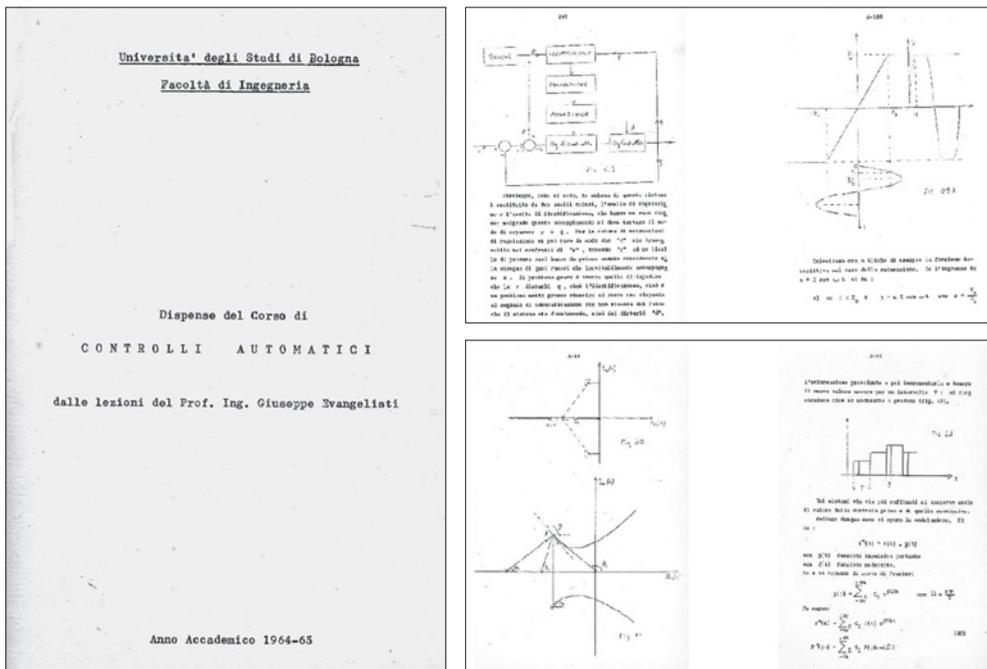


Figura 6. Dispense del corso di Controlli Automatici tenuto dal prof. Evangelisti.

Da notare, a riprova dei suoi ampi interessi culturali, che oltre al suo insegnamento di Costruzioni Idrauliche fu anche docente in quel periodo di alcuni tra i primi corsi di Elettronica presso la Facoltà di Ingegneria (a.a. 1958-59 e a.a. 1959-60).

In Figura 7 è riportata una fotografia ripresa durante una visita di Giuseppe Evangelisti, Antonio Lepschy e Antonio Ruberti (che saranno tra i principali ricercatori italiani nel settore dell'Automatica) in un centro IBM negli Stati Uniti nel 1958, visita che porterà all'acquisto del primo elaboratore elettronico presso la Facoltà di Ingegneria di Bologna.

3. Il Calcolo Elettronico della Facoltà di Ingegneria

3.1 La Sala Calcoli

Anche gli inizi del Calcolo Elettronico presso la Facoltà di Ingegneria di Bologna possono essere ricondotti alla capacità e alla lungimiranza del prof. Giuseppe Evangelisti. Infatti, con la motivazione di studi matematici sulla dinamica di sistemi idraulici, meccanici ed elettrici che necessitavano di complessi calcoli numerici, Egli si fece promotore dell'acquisto della prima calcolatrice elettronica in Facoltà e della conseguente istituzione della "Sala Calcoli". Il 5 dicembre 1950 – su proposta del prof. Giuseppe Evangelisti, Direttore dell'Istituto di Costruzioni Idrauliche, e del prof. Aristide Prosciutto, Direttore dell'Istituto di Macchine – il Consiglio di Facoltà decide la destinazione di fondi ERP (*European Recovery Program*) all'acquisto della prima calcolatrice elettronica, un'analogica Philbrick.

In Figura 8 vengono riportate alcune parti del verbale del Consiglio di Facoltà, in cui appare la scrittura ed un possibile appunto dello stesso Professore e in cui vengono appunto assegnati alla Sala Calcoli i fondi ERP. Viene anche riportata la lettera, pervenuta

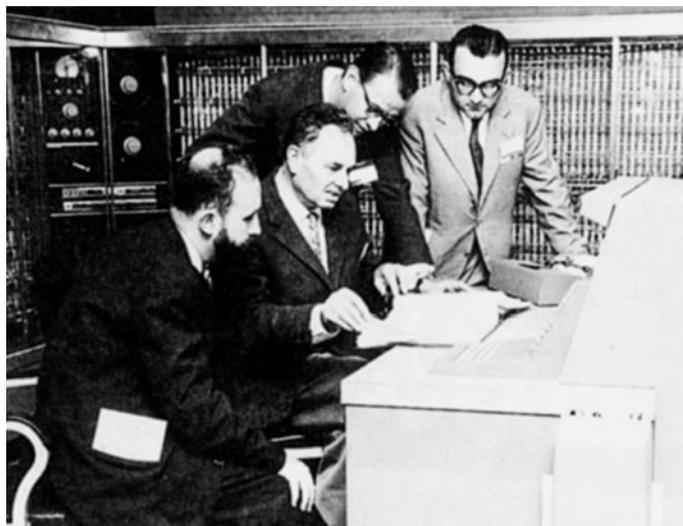


Figura 7. Lepschy, Evangelisti e Ruberti nel centro IBM di Poughkeepsie nel 1958.

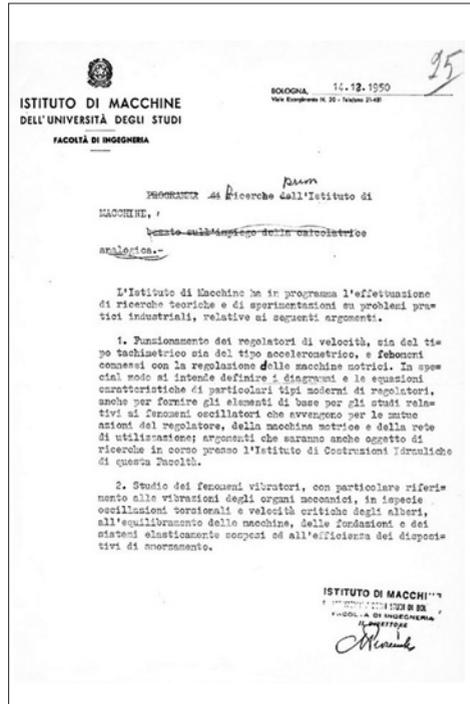
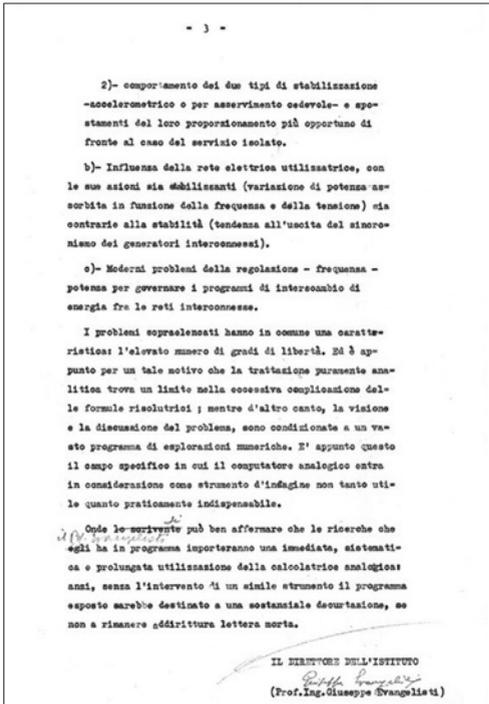
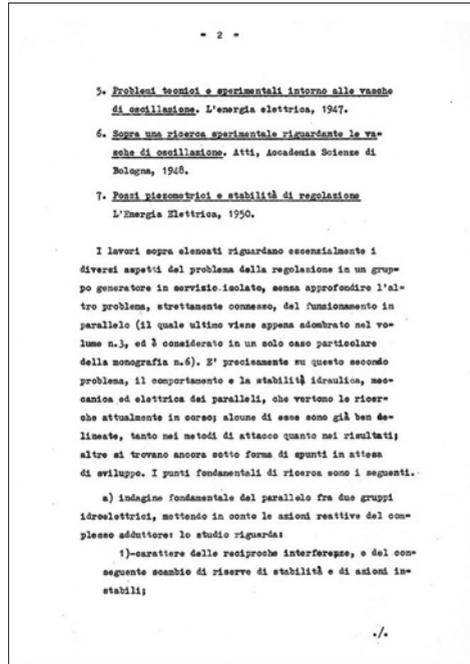
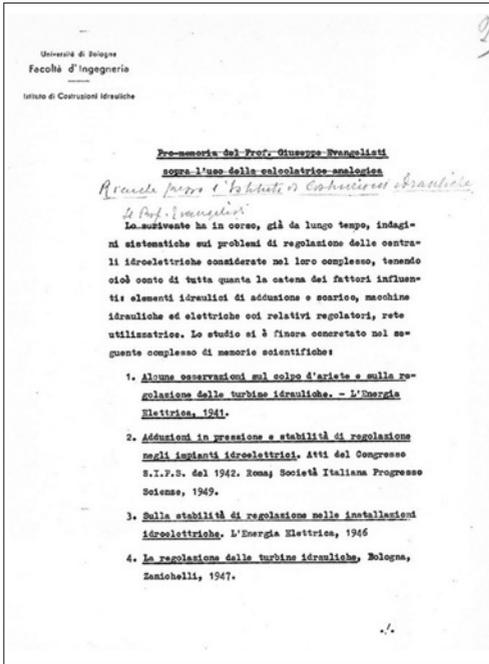


Figura 8. Documenti relativi all'acquisto della prima calcolatrice elettronica (analogica) alla Facoltà di Ingegneria.

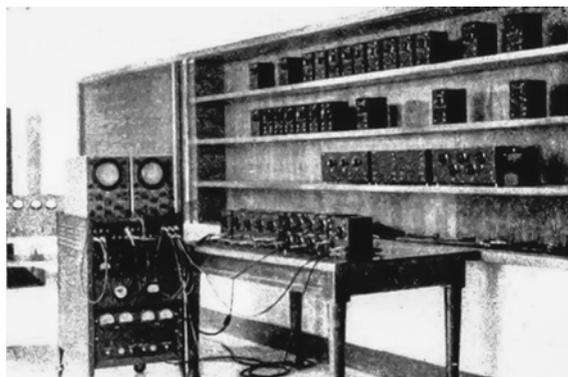


Figura 9. La calcolatrice analogica Philbrick nella Sala Calcoli; i due oscilloscopi sulla sinistra erano utilizzati per visualizzare l'andamento dei segnali generati dalle simulazioni.

nello stesso Consiglio di Facoltà, in cui il prof. Prosciutto illustra il tipo di ricerche e problematiche che l'Istituto di Macchine, di cui Egli è il Direttore, intende perseguire e per il cui approccio si rende necessario l'utilizzo del calcolatore analogico. Dopo soli pochi mesi, il 13 maggio 1951 la calcolatrice arriva a Bologna e viene inaugurata alla presenza di numerosi invitati. Essa è sistemata in una Sala Calcoli (Fig. 9) presso la Biblioteca di Facoltà, la cui direzione è affidata al prof. Evangelisti. Egli svolgerà il ruolo di direttore della Sala Calcoli per circa 10 anni.

Le calcolatrici analogiche erano costituite da un certo numero di amplificatori operazionali, dai relativi alimentatori e da dispositivi di visualizzazione dei segnali, tipicamente oscilloscopi, plotter e voltmetri digitali. La programmazione consisteva nell'inserire opportune reti di retroazione in tali amplificatori e nell'interconnetterli in modo da ottenere una funzione di trasferimento uguale a quella del sistema da studiare. Una volta effettuate le necessarie interconnessioni, la macchina non poteva essere utilizzata per studiare altri problemi se non eliminando le interconnessioni effettuate e impostandone altre. Questo lasciava poca flessibilità e poneva seri limiti alla quantità di studi effettuabili. Va peraltro osservato che la Philbrick, a quei tempi, era l'unico calcolatore analogico

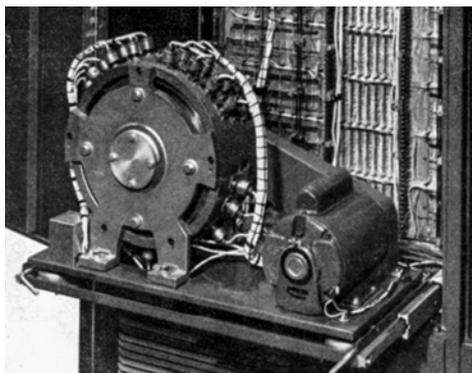
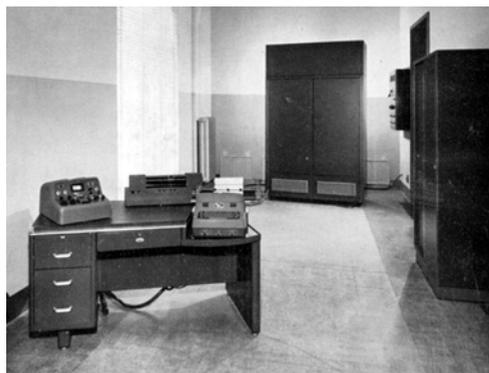


Figura 10. La calcolatrice digitale Bendix nella Sala Calcoli e la sua memoria a tamburo (25.000 bit).

disponibile sul mercato. La poca flessibilità spinse comunque Evangelisti a dotare la Sala Calcoli di un calcolatore digitale, una Bendix D12 (Fig. 10), che fu la seconda calcolatrice elettronica acquistata dall'Università di Bologna, installata nel 1956.

La memoria, benché a tamburo, rappresentava comunque una importante innovazione, in quanto nelle calcolatrici analogiche la memoria era costituita dalle tensioni ai capi dei condensatori delle reti. Questa macchina era particolarmente adatta a risolvere sistemi di equazioni differenziali.

3.2 Il Centro Calcoli e Servomeccanismi

Visto il cresciuto interesse per il calcolo elettronico, nel 1957 il Consiglio di Facoltà decide unanime di costituire un Centro Calcoli con propria dotazione annua, sede apposita, patrimonio bibliografico ed attrezzature scientifiche. Il 5 luglio 1958 il Consiglio di Facoltà, udite le relazioni del prof. Evangelisti e del prof. Basile, preso atto degli accordi intercorsi tra il Direttore del Centro Calcoli e Servomeccanismi, e i Direttori degli Istituti di Macchine e di Impianti Industriali Meccanici, dà parere unanimemente favorevole alla esecuzione dei lavori previsti per l'allestimento del Centro Calcoli (Fig.11).

Era allora in arrivo il calcolatore IBM 650 (Fig. 12), il primo calcolatore numerico *general purpose*, che richiedeva una struttura adeguata in termini di spazio, di controllo della temperatura ambiente, una maggiorazione della potenza elettrica disponibile e personale adibito specificamente al suo funzionamento. Vengono sviluppati i primi programmi in linguaggio macchina. Le istruzioni dei programmi insieme ai dati vengono

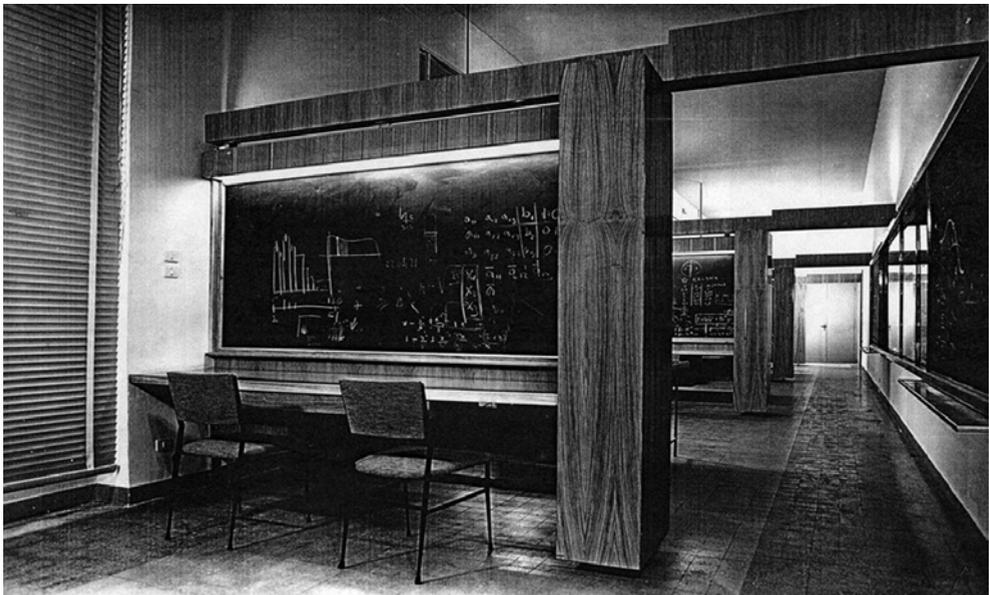


Figura 11. L'ingresso del Centro Calcoli e Servomeccanismi nel 1958.



Figura 12. La IBM 650 in una installazione americana del 1961 e una memoria a tamburo di quei tempi; ruotava a 12.500 giri al minuto ed il tempo di accesso era di 4,8 ms.

trasmessi al calcolatore per mezzo di schede perforate, ottenute con apposita perforatrice (Fig. 13). Il pacco di schede veniva poi inserito nel calcolatore, dove era letto ed il contenuto elaborato in un sistema numerico esadecimale.

Nei primi anni Sessanta, per far fronte a esigenze di calcolo sempre crescenti, il Centro Calcolo si dotò anche di una seconda calcolatrice analogica, la PACE 231R (Fig. 14). Le esigenze di calcolo erano comunque così importanti che nel febbraio 1962 (verbale del Consiglio dei Professori): “il professore Evangelisti fa presente la necessità ormai inderogabile di prevedere, con una certa urgenza, la sostituzione del calcolatore IBM 650 in dotazione al Centro Calcoli ed in funzione 24 ore su 24 da oltre 3 anni (il che equivaleva ad un lavoro normale di 9 anni), perché è da ritenersi completamente fuori uso”.

È un modello che risulta ormai antiquato, assorbe una quantità rilevante di energia elettrica ed inoltre per il suo lungo funzionamento richiede una onerosa manutenzione. Per le richieste degli utenti, sempre più numerose, si propone quindi di prendere in affitto il calcolatore IBM 1620.



Figura 13. La perforatrice di schede IBM 026.

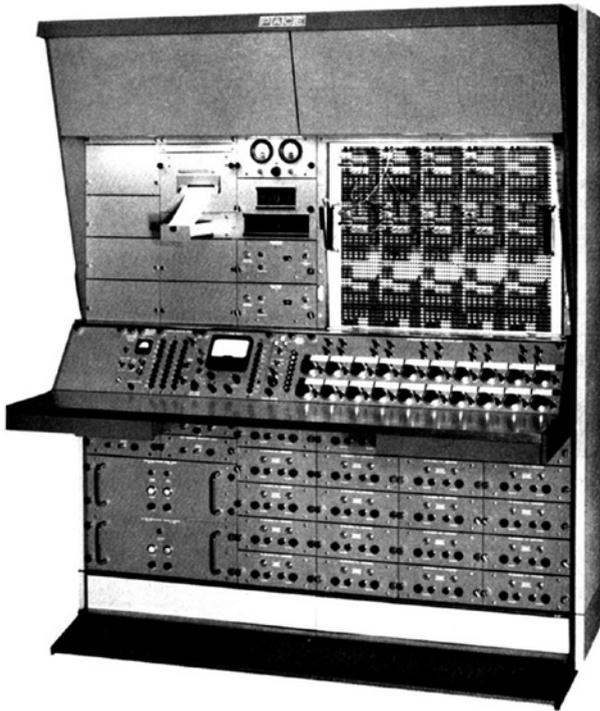


Figura 14. La calcolatrice analogica PACE 231R. A destra il pannello di programmazione amovibile sul quale venivano inserite le interconnessioni tra i vari elementi dei circuiti impostati.

L'IBM 1620 utilizzava il linguaggio Fortran2 che rendeva possibile il suo uso anche da parte di utenti non specialisti. Inizia così l'era moderna dell'informatica come strumento utilizzabile nei settori più diversi dell'ingegneria.

Si noti che Evangelisti fu Direttore della Sala Calcoli prima e poi del Centro di Calcolo in pratica per un ventennio, a dimostrazione non solo del suo interesse per lo sviluppo di queste tematiche ma anche della stima e del rispetto che godeva tra i colleghi.

4. Le persone e le strutture

Alla fine degli anni '60 il Centro Calcoli e Servomeccanismi era uno strumento di ricerca e di interesse per molti Istituti della Facoltà di Ingegneria. Presso il Centro operavano numerosi giovani ricercatori, attivi su diverse tematiche allora in forte crescita. Nell'anno accademico 1968-69 al Centro Calcoli e Servomeccanismi afferivano i seguenti insegnamenti:

- Calcolatrici elettroniche (Belardinelli)
- Componenti dei sistemi di controllo (Sarti)
- Controlli automatici (Belardinelli)
- Programmazione (Rossi)
- Tecnologia dei controlli automatici (Marro)

Oltre a quelli appena citati, operavano presso il Centro anche altri diversi ricercatori divenuti negli anni seguenti docenti di spicco della Facoltà di Ingegneria e dell'Ateneo:

- assistenti di ruolo: Bertoni, Boari, Bonivento, Carpaneto, Colamussi, Laschi, Toth;
- personale tecnico: Mazzagardi, Tironi, Addone Zaccarelli, Bortolotti, Bassini, Gallerani, Kranjc, Monti, Poggi, Bonzi, Zaccheddu;
- assistenti volontari: n. 8.

Pur partendo da uno stesso centro, queste persone divennero in seguito illustri professori (alcuni di questi sono oggi Professori Emeriti dell'Università di Bologna) e rinomati ricercatori in diverse discipline quali i Controlli Automatici (Bertoni, Bonivento, Marro, Sarti), Bioingegneria (Belardinelli), Ricerca Operativa (Carpaneto, Toth), Informatica (Boari, Laschi, Rossi).

Il Centro Calcoli e Servomeccanismi diede successivamente origine all'*Istituto di Automatica* e al *Centro di Calcolo*. Quest'ultimo è attivo tutt'ora a supporto delle attività di didattica e di ricerca, mentre l'Istituto di Automatica è confluito nel 1983, assieme all'Istituto di Elettronica, nel DEIS (Dipartimento di Elettronica, Informatica e Sistemistica), ed oggi – dopo l'unione con il Dipartimento di Ingegneria Elettrica – nel DEI (Dipartimento di Ingegneria dell'Energia Elettrica e dell'Informazione).

5. I riconoscimenti nazionali ed internazionali del prof. Evangelisti

A causa della rilevanza delle sue ricerche e delle attività di rilievo che seppe sviluppare in numerosi campi scientifici, il prof. Evangelisti fu accolto ed apprezzato in molti istituti accademici e culturali in Italia e all'estero. Egli fece infatti parte di:

- Accademia Nazionale dei Lincei
- Accademia delle Scienze dell'Istituto di Bologna
- Istituto Lombardo di Scienze e Lettere
- Académie des Science de Toulouse
- Institute Belge de Régulation et d'Automation
- Association Suisse pour l'Automation

Fu inoltre membro del Consiglio Superiore della Pubblica Istruzione dal 1945 al 1954 e del Consiglio Superiore di Sanità dal 1964 al 1969. Ricevette la laurea honoris causa dalla Technische Universität di Monaco di Baviera.

Per la fama e il lustro portato dal prof. Evangelisti al nostro Ateneo, nel 2006 i docenti della Facoltà di Ingegneria dell'Università di Bologna hanno deciso di intitolargli un'aula. In quell'occasione i proff. Giovanni Marro e Claudio Bonivento hanno presentando la sua figura, concludendo con questi ricordi.

Conclusione dell'intervento del prof. G. Marro (Fig. 15):



Figura 15. Intervento del prof. Giovanni Marro presso la Facoltà di Ingegneria dell'Università di Bologna in occasione della intitolazione dell'aula 6.2 al prof. Giuseppe Evangelisti.

Io, come senz'altro tutti coloro, molti qui presenti, che l'hanno conosciuto, lo ricordo come una persona di vastissima cultura, entusiasta per la conoscenza e con una straordinaria capacità di introspezione in egual misura sia nella ricerca scientifica sia nei rapporti umani, che sapeva condurre ad un elevato standard di costruttività, sincerità e rispetto reciproco. Ricordo, in particolare, la sua capacità di comunicare in modo immediato e preciso, anche solo con il comportamento o con lo sguardo. Il lavoro d'equipe e la collaborazione, di qualunque tipo essi fossero, scientifico, organizzativo, amministrativo, con lui come guida erano possibili con una naturalezza che io, personalmente, non ho più rivissuta.

Conclusione dell'intervento del prof. C. Bonivento (ricordando la fondazione di IFAC, nel 1956):

Orbene, è motivo di grande orgoglio e di un sentimento di profonda riconoscenza per tutti noi universitari bolognesi sapere che l'Italia è stata rappresentata allora dal Professor Evangelisti e che ciò ha permesso all'Italia di essere tra le nazioni fondatrici di una delle prime associazioni internazionali di cooperazione scientifica del dopo Seconda Guerra Mondiale. Mi permetto di sottolineare, in particolare ai giovani, che Evangelisti non si trovò là per caso, ma in virtù della reputazione dei suoi risultati scientifici e per la sua lungimiranza nel leggere lucidamente, prima di altri, il potenziale scientifico e tecnico di nuove aree disciplinari che sono divenuti pilastri dell'ingegneria dei giorni nostri.

6. Conclusioni

Queste note hanno riportato in forma sintetica alcuni tra i principali contributi del prof. Giuseppe Evangelisti, sia dal punto di vista scientifico che da quello della crescita di persone e strutture dell'Università di Bologna. Si ribadisce l'ampiezza degli interessi di ricerca di Evangelisti, che hanno spaziato dall'Idraulica, alla Teoria del Controllo, al Calcolo ed Elaborazione numerica, tutti ambiti nei quali Egli ha lasciato un profondo e proficuo segno: i risultati della sua attività sono infatti tuttora ben tangibili a livello sia nazionale sia internazionale. Presso la Scuola di Ingegneria dell'Università di Bologna sono oggi attivi qualificati gruppi di ricerca nei settori dei Controlli Automatici, della Bioingegneria, della Ricerca Operativa, dell'Informatica. Questi gruppi di ricerca, oltre agli sviluppi scientifici, hanno contribuito anche alla didattica con la crescita e l'ampliamento dell'offerta formativa della Scuola stessa. Pure il Centro di Calcolo tutt'ora è al servizio della ricerca e della didattica di Ingegneria. A livello internazionale certamente uno dei segni più visibili dell'attività di Evangelisti è l'International Federation on Automatic Control, IFAC, la più importante associazione che raccoglie i docenti e ricercatori interessati alla disciplina dei Controlli Automatici e che conta ad oggi una cinquantina di nazioni aderenti e che gestisce i più importanti congressi e le principali riviste del settore.

È per tutti noi un vanto ed un onore potere annoverare il prof. Giuseppe Evangelisti tra i Maestri della Scuola di Ingegneria, peraltro non solo quella bolognese.

Bibliografia

- [1] Marro G., "Il contributo del Prof. Evangelisti: l'Automatica e il Centro di Calcolo", in *Nascita e sviluppo dell'Ingegneria all'Università di Bologna*, a cura di Ezio Mesini, Domenico Mirri e Paolo Macini, Bononia University Press, Bologna, 2019.
- [2] Santi R., *Attilio Evangelisti: politico, cooperatore, professionista*, «Brodo di serpe – Miscellanea di cose medicinesi», Pro Loco Medicina, n. 7, pp. 84-89, 2009.
- [3] IFAC, <https://www.ifac-control.org/>
- [4] Marro G., *Il contributo del Prof. Evangelisti: L'Automatica e il Centro di Calcolo*, Conferenza presso la Facoltà di Ingegneria, Università di Bologna, 2006.
- [5] Bonivento C., *Un percorso ragionato nella storia dell'Automatica*, Conferenza di Facoltà, Bologna, 2009.
- [6] Lepschy A., *L'Automatica in Italia dal 1945 al 1975*, «Automazione e Strumentazione», XLV, n.9, 1997, 91-97; anche su «AEI», LXXXVII, n. 12, 2000, 47-51.
- [7] Bittanti S., C. Bonivento, E. Mosca, A. Isidori, G. Picci, R. Tempo, *Italy in IFAC from dawn to our days. A report on Italy's activity for IFAC 1956-2003*, C. Merigalli Grafica Editoriale, Peschiera Borromeo, Milano, 2002.
- [8] Bittanti S., *Elogio all'Automatica*, Convegno SIDRA, Milano, 2017.
- [9] Evangelisti G., *L'impiego delle camere d'aria per attenuare i colpi d'ariete nelle condotte elevatorie*, «L'Elettrotecnica», 1935.
- [10] Evangelisti G., *Sul calcolo delle oscillazioni di carico nelle condotte degli impianti di sollevamento*, «L'Elettrotecnica», 1935.

- [11] Evangelisti G., *Studio dei fenomeni di colpo d'ariete per mezzo del calcolo simbolico*, «L'Energia Elettrica», 1938.
- [12] Evangelisti G., *Alcune osservazioni sul colpo d'ariete e sulla regolazione delle turbine idrauliche*, Società Editrice Industrie Elettriche, Milano, 1941.
- [13] Evangelisti G., *Adduzioni in pressione e stabilità di regolazione negli impianti idroelettrici*, Relazioni della 41^a Riunione della Società Italiana per il Progresso delle Scienze, Roma, 1942.
- [14] Evangelisti G., *La regolazione delle turbine idrauliche*, Zanichelli Ed., Bologna, 1947.
- [15] Evangelisti G., *Sopra la stabilità delle grandi oscillazioni nei pozzi piezometrici*, «L'Energia Elettrica», vol. 28, n. 12, 1951.
- [16] Marro G., *La manovra critica negli impianti idroelettrici con pozzo piezometrico*, «L'Energia Elettrica», n. 11, 1964.
- [17] Evangelisti G., *On the Problem of Frequency Control in Hydro-electric Stations*, First International IFAC Congress on Automatic and Remote Control, Mosca, Russia, 1960, vol. 1, issue 1, Elsevier, Amsterdam, 1960, pp. 1612-1619.
- [18] Evangelisti G., *Dispense del Corso di Controlli Automatici*, Università di Bologna, a.a. 1964-1965.

Piero Pozzati. Un Maestro dell'Ingegneria

*Pier Paolo Diotallevi**

Se l'appellativo di Maestro significa, come riportato dalla Treccani: *Conoscitore profondo di una qualche disciplina, che egli possiede integralmente e che può insegnare agli altri nella maniera più proficua* mai tale termine risulta di più appropriata attribuzione e si addice al prof. ing. Piero Pozzati, che ha fondato, costruito e insegnato la disciplina della Tecnica delle Costruzioni rivolta agli ingegneri civili, dei quali fu anche uno dei componenti di più alta distinzione, insegnando e formando più generazioni di studenti.

In lui si concentrano e trovano la loro massima espressione il valore ed il rigore scientifico, la capacità di innovazione, una didattica di chiara limpidezza ed efficacia unite ad una grande capacità di coinvolgimento e di interazione nei rapporti umani.

Raccogliere in poche righe il valore umano e scientifico del Prof. Pozzati è impresa di estrema difficoltà e inevitabilmente si presenterà incompleta e non adeguata allo spessore culturale di questo grande Maestro dell'Ingegneria come di fatto è stato.



* Professore Emerito di Tecnica delle Costruzioni, Alma Mater Studiorum - Università di Bologna.

1. Percorso accademico

Conseguì la laurea in Ingegneria Civile - sezione trasporti con il massimo dei voti *et laude*, presso l'Università degli Studi di Bologna, subito dopo la fine della Seconda guerra mondiale, nel dicembre dell'anno 1945.

Iniziò subito, nell'anno 1946, la sua carriera scientifica e didattica quale Assistente volontario presso l'Istituto di Scienza delle Costruzioni della medesima Università nella quale aveva studiato; Istituto, che era diretto all'epoca dal prof. ing. Odone Belluzzi titolare della cattedra di Scienza delle Costruzioni e suo sempre dichiarato maestro.

Il suo percorso universitario è stato particolarmente brillante, nonostante le difficoltà dei tempi. Nel 1947 è Assistente presso lo stesso Istituto e nel giugno del 1949 consegue la libera docenza in Scienza delle Costruzioni.

Nel 1950 assume l'incarico di professore di Costruzioni in Legno, Ferro e Cemento armato insegnamento attivo dal 1942 e tenuto fino ad allora, per incarico, dal prof. Belluzzi. Nel 1954 vince, primo ternato, il concorso alla cattedra di Scienza delle Costruzioni bandito dal Politecnico di Torino. Successivamente, nell'anno accademico 1955-1956, fu chiamato – per trasferimento – a Bologna, presso la Facoltà di Ingegneria nell'Istituto di Scienza delle Costruzioni.

Fu nel contempo incaricato dalla Facoltà di tenere l'insegnamento della Cattedra di Costruzioni di Ponti; Cattedra che era vacante, sempre presso la medesima Università di Bologna. In quegli anni (1956-1966) svolse anche l'insegnamento specialistico di Lastre piane e curve presso la Scuola di Specializzazione per le Costruzioni di Cemento Armato del Politecnico di Milano. La Sua docenza presso la Facoltà d'Ingegneria della Università degli Studi di Bologna è stata tenuta, ininterrottamente, per ben oltre quarantacinque anni! Intere generazioni di giovani allievi ingegneri sono state da lui formati, nel settore disciplinare della Ingegneria strutturale, con il rigoroso impegno scientifico che ha sempre caratterizzato il suo insegnamento.

Nel 1956 gli venne conferito l'incarico della direzione dell'Istituto di Scienza delle Costruzioni a seguito della morte del prof. Belluzzi avvenuta il 24 agosto dello stesso anno. Nell'anno successivo la direzione dell'Istituto di Scienza delle Costruzioni venne assegnata al prof. Osvaldo Zanaboni e venne costituito l'Istituto di Costruzioni in Legno, Ferro e Cemento armato del quale il prof. Pozzati assunse la direzione, costituendo così il primo nucleo di un nuovo raggruppamento disciplinare.

Continuò a tenere l'insegnamento di Costruzioni in Legno, Ferro e Cemento Armato fino al 1960, anno nel quale si ampliò, con una nuova denominazione, il contributo scientifico della materia da lui insegnata raggiungendo autonomia e distinzione rispetto alla Scienza delle Costruzioni.

Da questo anno infatti si costituì un nuovo settore scientifico-disciplinare denominato Tecnica delle Costruzioni. La istituzione di questa nova disciplina venne promossa dallo stesso prof. Pozzati unitamente ad altri docenti delle scuole di Napoli e Torino. Il prof. Pozzati divenne professore Ordinario di Tecnica delle Costruzioni e la denominazione dell'insegnamento di Costruzioni in Legno Ferro e Cemento armato divenne

Tecnica delle Costruzioni. Anche l'Istituto di Costruzioni in Legno Ferro e Cemento armato modificò la denominazione in Istituto di Tecnica delle Costruzioni del quale tenne la magistrale direzione fin quasi alla sua età di pensionamento ed uscita dal ruolo avvenuta nel 1992.

L'obiettivo fondamentale delle modifiche relative alle suddette denominazioni di settore scientifico, di insegnamento e di Istituto risiede in una nuova e più attenta visione della formazione culturale degli ingegneri, visione che venne concretizzata nell'obiettivo del progetto. Esso infatti si fonda sulle conoscenze specifiche proprie della Scienza delle Costruzioni, delle conoscenze matematiche e fisiche, e si evolve nella progettazione come ideazione ed insieme di conoscenze utili e necessarie alle realizzazioni delle costruzioni. Questo cambiamento avviene nel clima della ricostruzione postbellica nella quale iniziative e sfide hanno trovato nella nuova disciplina sostegno teorico e realizzativo guidando i progettisti alla visione generale di un'opera e fondendo in essa conoscenze, sperimentazione, inventiva e intraprendenza per nuove e sempre più sofisticate sfide tecniche.

Nell'ambito delle attività accademiche è da rilevare inoltre l'assunzione della Direzione della Biblioteca di Facoltà che tenne dal 1956 al 1960 e di delegato della Facoltà di Ingegneria presso la Biblioteca Universitaria.

Dunque è dal 1960 che inizia la vicenda della Tecnica delle costruzioni con all'interno una forte carica innovativa, promossa dalla lungimiranza e dalla competenza del prof. Pozzati, che ha portato all'ampliamento della materia propria della progettazione strutturale con l'attivazione di nuovi insegnamenti mirati, anche sulla base di esperienze di ricerca, a corsi che acquisirono le seguenti denominazioni: Tecnica delle fondazioni, Complementi di Tecnica delle Costruzioni, Costruzioni metalliche, Costruzioni in zona sismica, oltre allo sdoppiamento dell'insegnamento di Tecnica delle Costruzioni in ragione del rilevante incremento del numero di studenti iscritti al Corso di Ingegneria Civile avvenuto negli anni '70.

2. Il suo pensiero scientifico

Il prof. Pozzati ha saputo costruire un modo di pensare e di riflettere che ha trasmesso con indicibile dedizione agli studenti esercitando in modo eccellente il suo compito di insegnante.

Già negli anni '80 quale frutto del suo approfondimento scientifico, culturale rivolse molte delle sue attenzioni ai problemi della responsabilità che investe gli ingegneri nell'ambito della loro attività, responsabilità non solo tecniche ma anche etiche. Ne è una prima testimonianza di questo approfondimento l'essere stato chiamato, dall'allora Rettore dell'Ateneo di Bologna, prof. Fabio Roversi Monaco, a tenere la prolusione generale nell'ambito della celebrazione del nono centenario della nascita dell'Ateneo Bolognese: il tema, dal titolo molto conciso ma estremamente significativo fu *Responsabilità Etiche della Tecnica*. Con tale prolusione aprì pubblicamente un nuovo

campo di formazione per gli ingegneri inserendo la tecnica, e in particolare la Tecnica delle Costruzioni, in un più ampio ambito culturale, ugualmente necessario, al pari delle conoscenze tecniche e scientifiche nella formazione e nella professione di ingegnere. A sottolineare la particolare importanza dell'evento ricordo che in occasione delle celebrazioni dell'ottavo centenario dell'Ateneo di Bologna, la prolusione generale venne tenuta da Giosuè Carducci.

La sua attività didattica si concluse formalmente nell'anno accademico 1991-1992 e la sua ultima lezione – *lectio magistralis* – fu tenuta in data 3 giugno 1992 sul tema *Proliferazione delle normative e del tecnicismo*, argomento del quale ha portato contributi essenziali e rilevanti nella sua vicenda scientifica e culturale.

Nell'anno 1997, il Consiglio di Facoltà d'Ingegneria della Università degli Studi Bologna, lo elesse al ruolo di Professore Emerito di Tecnica delle Costruzioni.

Nell'anno accademico 2000-2001 gli venne conferito dalla Facoltà d'Ingegneria dell'Università degli Studi di Pavia (IUSS) l'incarico di tenere il Corso di "Etica ambientale", tema ed argomento da lui sviluppato e approfondito già dagli anni '80. Su suo impulso venne costituito presso la Biblioteca G. P. Dore della Facoltà di Ingegneria un "Centro di documentazione sull'etica ambientale" e venne anche istituito un insegnamento di Etica ambientale per gli studenti di Ingegneria.

Molti sono i riconoscimenti della sua attività accademica e scientifica e qui ne cito alcuni: nel 1977 ricevette la medaglia d'oro del Ministero della Pubblica Istruzione per "Benemerenze nella Scuola, nella Cultura e nell'Arte" accompagnata dal Diploma di I Classe con medaglia d'oro; nel 1981 è nominato Accademico Benedettino dell'Accademia delle Scienze dell'Istituto di Scienza, Lettere ed Arti di Bologna, e nel 1995 è nominato membro corrispondente dell'Accademia Nacional de Ingenieria di Buenos Aires.

Terminato il percorso universitario è stato chiamato a reggere la Presidenza del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici nei difficili anni della grave crisi generale della Prima Repubblica (1992-1994), che ebbe pesanti ripercussioni principalmente nel settore dei lavori pubblici ed anche in quello dei lavori privati. Nel corso della sua Presidenza si provvedeva alla stesura e al varo della Legge Quadro sui Lavori Pubblici.

Questa legge restituiva al "progetto" nonché al "progetto e al processo costruttivo" dell'opera la sua centralità, coinvolgendo tutte le figure interessate alla realizzazione dell'opera, tra le quali gli operatori economici, la committenza, il progettista, il direttore dei lavori, il collaudatore e l'impresa.

Sempre sotto la sua Presidenza si pervenne alla stesura ed al varo, nell'ambito del recepimento della normativa europea all'interno delle normative nazionali, degli EuroCodici EC2 ed EC3, quale ulteriore testimonianza della sua propensione all'approfondimento della disamina tecnica ed apertura al sistema normativo che si stava affermando in contesto europeo, senza tuttavia perdere o dimenticare la centralità del progettista e delle sue responsabilità nel processo costruttivo.

Ha inoltre ricoperto importanti ruoli all'interno del CNR, lasciando anche in questo organo preposto alla organizzazione della ricerca in ambito nazionale, tracce e impostazioni indelebili.

3. Il Docente

Dopo questo breve e sintetico *excursus* storico sui ruoli e sulle attività svolte dal prof. Pozzati vorrei ora entrare nel merito di alcuni aspetti della sua figura di maestro dell'Ingegneria; in particolare cercherò di tratteggiare la sua figura innanzi tutto di docente, di scienziato, di ingegnere e di uomo anche se queste qualità in realtà non sono fra loro scindibili ma costituiscono un insieme armonico caratteristico della sua persona.

Ha formato diverse generazioni di ingegneri insegnando per più di quaranta anni nella Facoltà di Ingegneria con un insegnamento appassionato dal quale traeva profonde soddisfazioni con un sentimento di amore verso la Scuola; tutti i suoi allievi, ed io fra questi, hanno tratto grande passione per la materia da lui insegnata, sempre presentata con limpida chiarezza e resa facile e comprensibile dalla sua straordinaria capacità di presentare anche le situazioni più complesse in maniera chiara, evidente e convincente: sapeva rendere semplici e comprensibili anche le situazioni più complesse.

Riprendo quanto riportato nella presentazione del volume che raccoglie le sue opere principali redatto nel 1992 in occasione della sua uscita dal ruolo di Professore Ordinario:

Il suo insegnamento trasmesso attraverso lezioni esemplari per chiarezza, carica emotiva e 'spessore' dei contenuti, ha profondamente inciso nella preparazione degli allievi, tanto da rendere il corso di Tecnica delle Costruzioni un momento essenziale per la maturazione culturale dello studente e per l'armonico collegamento tra l'apprendimento scientifico e l'esercizio della professione.

La vocazione, squisitamente universitaria, al ruolo di 'Maestro', è stata per il prof. Pozzati una vera e propria ragione di vita. Ne è testimonianza la mole notevolissima di pubblicazioni e il vasto spettro delle Sue attività universitarie.

E si concludeva quella presentazione con le seguenti parole:

Noi allievi [ed io fra questi] ci sentiamo privilegiati e riconoscenti per aver potuto studiare e lavorare accanto ad un 'Maestro' che ha saputo trasmettere il suo pensiero scientifico e il Suo metodo di lavoro in modo eccellente e capillare anche con generosi sacrifici personali.

4. L'attività scientifica e le pubblicazioni

Numerose e tutte importanti sono le pubblicazioni che raccolgono il suo pensiero scientifico. Prime fra tutte i quattro volumi di *Teoria e tecnica delle strutture*, testi fondamentali per gli ingegneri ed in particolare per i progettisti di strutture; in essi sono raccolti ed affrontati con grande chiarezza i temi della progettazione strutturale analizzati sempre con estremo rigore scientifico, particolare competenza e chiarezza. Questi testi sono di costante consultazione per gli ingegneri progettisti.

Vorrei qui ricordare alcuni degli argomenti principali che sono stati oggetto delle sue riflessioni scientifiche e tecniche, consapevole della possibile incompletezza della quale mi scuso.

Si è particolarmente dedicato, fin dai primi lavori pubblicati, allo studio dei corpi bidimensionali (lastre) nelle più svariate forme, condizioni di carico e di vincolo; l'estensione dei criteri di calcolo ai solai a fungo ha portato ad una formulazione completa ed esaustiva utile per la progettazione. I metodi analitici impiegati hanno fatto prevalentemente riferimento alle soluzioni con sviluppi in serie trigonometriche, semplici o doppie, differenze finite. Le superfici di influenza di lastre piane sono state studiate con estensione ai corpi bidimensionali del teorema di Land, fornendo un metodo, assai utile, per la progettazione di tali elementi costruttivi.

Telai e sistemi di aste sono state un argomento di estrema rilevanza nella sua produzione scientifica: ben nota è l'applicazione di procedimenti iterativi a telai con nodi spostabili. Essa è sempre stata da lui nominata come 'estensione del metodo di Cross' e così è stata sempre richiamata nelle sue lezioni. Per dare la dovuta considerazione a questo metodo innovativo (con l'introduzione dei momenti IV in una pubblicazione del 1954) ricordo che tale procedimento è sempre stato denominato, al di fuori di Bologna e a testimonianza della sua modestia, come 'metodo di Pozzati' così come riportato in tutti i testi che lo citano. In precedenza, i suoi studi sui telai con nodi che ruotano e traslano lo hanno portato a formulare una soluzione completa della trave Vierendeel eliminando la drastica semplificazione, fino ad allora utilizzata, di considerare i montanti come infinitamente rigidi o anche i nodi dotati della sola possibilità di traslare senza ruotare. Anche in questo caso con una soluzione iterativa si poteva raggiungere il grado voluto di precisione.

Nell'affrontare i diversi problemi per la soluzione delle strutture ha sempre privilegiato metodi numerici, spesso iterativi, atti a fornire risultati con il livello di approssimazione richiesto, consapevole della potenza degli strumenti di calcolo allora disponibili: sviluppi in serie, soluzioni iterative, metodi alle differenze finite, soluzioni in forma chiusa quando possibile evidenziando anche, ma non è necessario che lo sottolinei, la solida ed ampia base di formazione matematica di cui disponeva e che sapeva al meglio utilizzare cogliendo sempre l'essenza dei problemi oggetto di studio.

Altro tema nel quale ha lasciato traccia indelebile è contenuta nei suoi "Metodi di calcolo delle fondazioni", pubblicato in più articoli sequenziali, nei quali affronta tutti i temi, allora non ancora organicamente organizzati, delle strutture di fondazione superficiali: plinti, travi, reticoli di travi e platee rigide e su suolo elastico, dando, come sempre, agli ingegneri un indispensabile strumento per la progettazione. In tutti i temi da lui affrontati l'obiettivo dunque era sempre quello di fare riferimento a veri problemi ingegneristici e di dare soluzioni praticabili e utili nell'ambito della progettazione.

Sempre nell'ambito di strutture interagenti con il terreno di estrema rilevanza sono le pubblicazioni relative al metodo di calcolo delle paratie. Anche in questo caso generalizzazioni e approfondimenti per il calcolo dell'approfondimento e dello stato di

sollecitazione di paratie con e senza tiranti hanno portato alla definizione di semplici digrammi di estrema utilità nella progettazione fornendo in modo sintetico la soluzione per diverse classi di problemi.

Le strutture precomprese, che nel dopoguerra si sono imposte come metodo di progettazione avanzato ed innovativo, hanno costituito un campo nel quale la sua capacità di analisi e di sintesi hanno fatto storia, ancora una volta. Vengono introdotti criteri di progettazione delle sezioni mediante un coefficiente di forma e si introduce inoltre il criterio progettuale sulla distribuzione dei cavi con l'idea della individuazione dei cavi limite. Anche l'applicazione a strutture iperstatiche della precompressione, situazione particolarmente complessa per l'insorgere di momenti parassiti, viene trattata, impostata e risolta.

Un esempio mirabile di questa sua conoscenza e della capacità di applicazione si trova ad esempio nel trampolino di Cortina costruito in occasione delle Olimpiadi del 1956. In un suo articolo dell'anno precedente egli illustra i criteri di progettazione di questa singolare ed unica struttura con una altezza di oltre 44 m ed una unica campata della rampa di oltre 65 m. Ma ciò che più stupisce in quel progetto è la tecnica utilizzata: la precompressione parziale, tecnica allora ancora in fase di definizione e di sperimentazione, tecnica che si è poi affermata solo nei decenni successivi.

Lastre curve per sili e serbatoi, volte scatolari, superfici di rivoluzione sono stati oggetto di studi e della definizione di procedimenti risolutivi interpretando il comportamento con soluzioni di fatto semplici, ma tali solo dopo che sono state da lui formulate ed esposte. Generalizzazioni di soluzioni già note e parziali di queste tipologie costruttive hanno permesso di approfondirne lo studio spesso rimuovendo ipotesi semplificative non sempre legittime e con limitati appesantimenti delle calcolazioni per le quali privilegiato è sempre stato l'uso degli sviluppi in serie.

Estensione di questi criteri poi sono stati applicati agli impalcati da ponte a cassone con una o più celle sottoposti, per effetto dei carichi mobili, a sollecitazioni torsionali. Queste tipologie costruttive si sono poi imposte per la costruzione di ponti di grande luce.

Il moltiplicatore dei carichi che provoca il collasso di una struttura intelaiata iperstatica può essere determinato con riferimento a strutture isostatiche piuttosto che ad una configurazione labile; questo procedimento, introdotto in una delle sue pubblicazioni, porta ad una più efficiente applicazione dei criteri di Greenberg-Prager riportando anche una più semplice dimostrazione dei criteri di valutazione del carico di collasso da essi individuati

Anche nel campo della dinamica e del comportamento sismico delle strutture i suoi contributi sono stati di fondamentale importanza. Non dimentichiamo che proprio in ragione di una sua visione lungimirante della Tecnica delle Costruzioni presso la Facoltà di Ingegneria e l'Istituto da lui diretto furono avviati gli studi ed i corsi per ingegneri relativi alla progettazione in zona sismica. Nel campo della dinamica delle strutture l'applicazione di metodi iterativi da lui proposti e semplificazioni nelle soluzioni di strutture complesse hanno fatto da guida per lo studio del comportamento

sismico delle strutture: i fondamenti sono raccolti in una nota da lui presentata in occasione di un lungo seminario organizzato nel 1984 presso la Facoltà di Ingegneria e dedicato agli ingegneri. Oltre ai fondamenti della Sismica in quella nota si anticipano i criteri della ripartizione delle azioni orizzontali generate dal sisma fra diversi elementi strutturali di irrigidimento nonché i criteri per la valutazione di strutture sottoposte a sismi violenti, criteri poi adottati in ambito normativo.

Nella sua progressione scientifica il prof. Pozzati ha poi rivolto l'attenzione alle implicazioni etiche della tecnica. Un primo e fondamentale momento di questa sua attenzione e riflessione si è manifestato in occasione, novembre 1987, delle celebrazioni del nono centenario della fondazione dell'Ateneo di Bologna, tema sul quale ritorno dopo il breve cenno riportato nell'ambito delle sue attività accademiche. La dissertazione intitolata *Responsabilità etiche della tecnica e riflessi sulla formazione dei giovani* rappresenta un punto di maturazione del suo pensiero e di avvio delle sue riflessioni nel campo più ampio dell'etica. Uno dei suoi obiettivi principali è sempre stato quello di pensare ai giovani e alla loro formazione come nel citato testo emerge con chiarezza e decisione.

Si apre con quella prolusione, un nuovo campo di studi nella visione della tecnica inserita in una organizzazione di pensiero e di azione che va oltre i soli riferimenti analitici, tecnici e tecnologici, ma si inserisce nella visione più ampia e totalizzante della incidenza nello sviluppo del mondo, della società e della responsabilità sia del singolo sia del quadro formativo dei giovani.

Si prendono in esame gli aspetti della problematica che riguarda il modo di operare del "tecnico" che viene sempre più chiamato a misurarsi con una inedita "responsabilità" e si conclude con l'auspicare la consegna alle generazioni future di un pianeta Terra in condizioni tali da poter assicurare loro una "qualità di vita" degna di essere vissuta.

Questi temi vengono trattati nelle lezioni di Etica ambientale, corso del quale ebbe l'incarico dall'Università di Pavia e sono contenuti nel volume, da lui redatto e pubblicato nel 2007 dal titolo *Verso la cultura della responsabilità – Ambiente, tecnica, etica*.

Alcuni di questi temi sono già richiamati nella Sua ultima lezione nell'Università di Bologna tenuta il 3 giugno 1992; il solo titolo è assai significativo *Proliferazione delle normative e tecnicismo*, segno del grande impegno da Lui profuso anche nell'indicare la strada ed essere la guida per uno sviluppo appropriato della Tecnica come poi dimostrerà nell'ambito della sua presidenza del Consiglio Superiore di Lavori Pubblici, lasciando tracce indelebili della sua visione scientifica e tecnica.

In tale ambito poi è bene ricordare che in quella veste aggiornò le normative nazionali per le costruzioni inserendole nel circuito più ampio delle normative europee recependo, anche per il territorio nazionale le indicazioni normative contenute negli Eurocodici.

Nell'esercizio di questo compito istituzionale, sostenuto dalle sue ineguagliabili doti di equilibrio, saggezza, lungimiranza e determinazione, ha guidato il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, massimo organo tecnico dello Stato, verso più alti livelli di prestigio, propri dei momenti migliori della lunghissima tradizione di questo organismo.

5. L'ingegnere e le sue realizzazioni

Ma le Sue attività non si limitano a quanto sopra brevemente richiamato. Il prof. Pozzati è stato anche un grande ingegnere progettista ed inserito quindi nel mondo delle realizzazioni sempre supportato dalle sue profonde valenze scientifiche. Ricordo molto brevemente alcune sue opere solo per dare anche a questo aspetto la sua giusta dimensione: il già citato trampolino olimpionico di Cortina, l'intervento sulla grande copertura del Teatro Comunale di Bologna nei primi anni '80 dopo un periodo di pressoché totale abbandono della costruzione, le ampie volte delle pensiline del Palazzo dello Sport di Bologna, l'ampliamento, in occasione dei mondiali di calcio del 1990, dello stadio Dallara di Bologna, il rinforzo dei Chiostri francescani di Ravenna, le consulenze per imprese operanti in ambito internazionale relative a importanti opere (ad esempio silos per cereali in Jakarta), e tanti altri lavori. È bello ricordare che, essendo professore di Tecnica delle Costruzioni, la sua attività professionale di fatto è sempre stata rivolta all'applicazione di metodi innovativi e dagli stessi lavori si traeva spunto per nuovi campi di studio, di ricerca e di applicazione delle conoscenze ingegneristiche.

In questo ambito è sempre stato promotore, sostenitore ed elemento attivo nell'associazionismo: ha contribuito in modo determinante alla nascita ed allo sviluppo, ad esempio, dell'AICAP (Associazione Italiana del Cemento Armato e Precompresso), indirizzando e promuovendo convegni nazionali.

Concludo, scusandomi per le innumerevoli dimenticanze, ricordando che l'attività di Pozzati, di cui si è fatto cenno innanzi, lo colloca tra le più significative ed importanti personalità della scienza e della tecnica in Italia nel campo delle costruzioni e della sicurezza delle strutture, sia nel campo statico che nel campo dinamico.

La sua opera di ricerca e i suoi lavori scientifici sono stati riconosciuti ed apprezzati nel mondo accademico, nazionale ed internazionale.

Ma al di là delle sue ben affermate tappe della carriera professionale ed accademica, consentitemi di ricordare le sue doti intellettuali, morali e caratteriali di uomo che mai hanno ceduto al compromesso portando le sue idee sempre con grande modestia ma in maniera immediatamente convincente. L'onestà intellettuale e morale è sempre stata accompagnata da grande signorilità e dalla capacità di mettere a proprio agio gli interlocutori anche se di diversa opinione.

Deciso nelle affermazioni e dalla esposizione chiara, coerente e concisa.

Di carattere calmo, un poco chiuso, ma estroverso nei rapporti umani, professionali e scientifici con la comunità. Ha sempre brillato per la sua intelligenza ed intuizione profonda.

Il prof. Pozzati ha saputo costruire un modo di pensare e di riflettere che ha trasmesso con indicibile dedizione agli studenti esercitando in modo eccellente il suo compito di insegnante.

Ha costituito e costruito una scuola di pensiero.

PANEL

Il passato, il presente e il futuro: un confronto sulla formazione degli ingegneri

Partecipano al Panel i seguenti invitati:

Parte I

Sonia Bonfiglioli – *Presidente CdA Bonfiglioli Riduttori SpA*

Mauro Moretti – *già AD di Ferrovie dello Stato Italiane, AD
e Direttore Generale di Leonardo, Gruppo PSC*

Antonio Nanni – *University of Miami – USA*

Matteo Pasquali - *Rice University, USA*

Guido Vannucchi – *già Direttore Generale Telettra e Vice Direttore Generale RAI*

Francesca Zarri – *Direttore ENI, Responsabile ricerca e digitalizzazione*

Parte II

Angelo Andrisano – *già Rettore UniMore*

Francesco Bassoli – *VP for Global Procurement at Amcor*

Pietro Cassani – *AD, Marchesini Group*

Sergio Guarro – *Technical Fellow, The Aerospace Corporation*

Massimo Majowiecki – *MJW Structures*

Alberto Melloni – *già AD Marposs Giappone e Far East*

Carlo Tosti – *AD Tech srl*

Parte I

L'importanza della formazione ricevuta e la sua applicabilità nel mondo del lavoro

Moderatore: *Giulio Cesare Sarti, Professore Emerito di Impianti Chimici, Alma Mater Studiorum - Università di Bologna*

G.C. Sarti: Buona sera e benvenuti alle attività previste per il pomeriggio con una Tavola Rotonda che si articolerà in due round. Ringrazio molto tutti gli intervenuti, oltre che tutti gli organizzatori, in particolare gli ospiti che hanno aderito a questa iniziativa e che ci onorano della loro presenza.

Al primo giro della tavola Rotonda parteciperanno l'ing. Sonia Bonfiglioli, l'ing. Mauro Moretti, il prof. Antonio Nanni, il prof. Matteo Pasquali, l'ing. Guido Vannucchi e l'ing. Francesca Zarri.

Gli ospiti non hanno bisogno di particolari introduzioni, ma voglio solo rapidamente ricordare che l'ing. Bonfiglioli è Presidente del Consiglio di Amministrazione della Bonfiglioli riduttori S.p.A., azienda ben nota nel nostro territorio, ma non solo; l'ing. Moretti è stato Amministratore delegato del Gruppo delle Ferrovie dello Stato, CEO e General manager di Leonardo S.p.A., CEO di PSC S.p.A; il prof. Nanni dell'Università di Miami è il Direttore del Dipartimento di Ingegneria civile e architettura ed è membro di diverse società professionali internazionali; il prof. Pasquali è docente di Chemical engineering presso la Rice University e direttore del Laboratorio "Carbon nano-technologies"; l'ing. Vannucchi già Direttore tecnico e vice-Direttore Generale della RAI; l'ing. Zarri è ENI Director Technology, R&D & Digital.

Ai lavori della mattinata – ove si è illustrato l'insegnamento di Maestri di rilievo e l'effetto di questo sullo sviluppo della Scuola in vari settori – fanno seguito quelli pomeridiani rivolti a una ampia rosa di settori con riferimento agli effetti che lo studio nella Scuola ha prodotto su allievi che hanno raggiunto traguardi particolarmente rilevanti; traguardi che ovviamente sono il risultato di specifiche capacità personali, e questo è fuori discussione, ma con qualche probabilità, anche il risultato di avere messo a frutto la preparazione che è stata ottenuta presso la Scuola. Uno dei punti rilevanti sarà discutere e valutare quale sia l'effetto della preparazione ricevuta nell'inserirsi e affermarsi nel mondo del lavoro. Ovviamente, la discussione sul punto specifico si apre al grande dualismo fra il dovere privilegiare da un lato gli aspetti che sono tipici della preparazione

di base e interdisciplinari fondamentali, dall'altro gli aspetti che sono più focalizzati sulla applicazione diretta. Nelle diverse scuole dei vari paesi ci sono enfasi distinte a seconda dei vari settori. In tal senso, ci è e sicuramente utile approfondire questi aspetti riguardo ciò che è stata l'esperienza diretta personale, l'esperienza con i laureati, e soprattutto quella che è la prospettiva che si preannuncia nello sviluppo futuro.

Il tempo a disposizione dei nostri ospiti è ovviamente relativamente limitato; credo sia opportuno limitarsi a 8 minuti circa per intervento, e per meglio conoscerci sarebbe opportuno che nel primo minuto ci si soffermasse su quelle che sono state le più rilevanti esperienze personali, per poi passare alle valutazioni che descrivano gli aspetti fondanti della preparazione ricevuta nella Scuola.

Invitando in nostri ospiti procederò seguendo l'ordine alfabetico, passando la parola all'ing. Sonia Bonfiglioli.

S. Bonfiglioli: Sono molto lieta di trovarmi in un contesto di così tanti ingegneri, perché vi confesso che, in occasione di certi eventi importanti, di contesti formali, l'unico titolo con il quale ho piacere di essere presentata è quello di ingegnere: quando mi chiamano dottoressa mi impermalisco e ribatto: chiamatemi ingegnere. Quando si rivolgono a me come Presidente, Cavaliere, dico: non m'importa, mi piace ingegnere.

Quindi, Ingegneria è per me una laurea bellissima, perché mia ha dato tanto, e perché l'ho applicata tanto. Ora ho due figli maschi che stanno facendo Ingegneria, quindi ho l'opportunità di vedere come, dopo tanti anni da quando mi sono laureata, l'Ingegneria sta cambiando.

In un minuto: mi sono laureata in Ingegneria meccanica, ho poi frequentato un Master, ma sono entrata in "Azienda" immediatamente, dato che mio padre mi chiese di tornare perché a suo parere avevo già vagabondato abbastanza. Sono passata dalla officina, licenziata da un paio di dirigenti, in senso buono. Sono infatti andata prima in Germania per ricerca marketing, poi in India (a seguito dell'idea di aprire uno stabilimento in quel Paese), poi in Vietnam per l'acquisizione di uno stabilimento di elettronica.

Sempre, per fortuna, al fianco di mio padre. Poi, nel 2010 mio padre è mancato (anno che è coinciso con il periodo difficile dell'Azienda a causa della pesante crisi del 2009). Mi sono guardata intorno e ho capito che amavo la mia Azienda tanto quanto i miei figli, e nonostante le difficoltà ho continuato.

Oggi sono qui, l'Azienda va bene, sono Presidente, non c'è nessun altro della famiglia che vi lavora, perché mio fratello, pur essendo socio, ha una sua attività. Quest'anno abbiamo superato un miliardo di fatturato, siamo più di 4000 dipendenti, abbiamo stabilimenti situati in vari paesi, cercando costantemente di stare al passo con il cambiamento del mondo e delle tecnologie.

Venendo alla domanda. Ingegneria è una grande laurea, credo che anche oggi – e lo vedo appunto dai miei figli che stanno frequentando Ingegneria dell'automazione – rimanga una base eccezionale per affrontare il mondo. A me quello che ha insegna-

to Ingegneria, non vado su temi tecnici, vado nel *main set* che ti dà quando esci con la laurea, è che hai le caratteristiche necessarie per affrontare seriamente il mondo del lavoro – io dico sempre che Ingegneria è un po' come fare un corso di sopravvivenza: quando l'ho fatta io se ne sono persi per strada tanti. Oggi credo che sia corretto il modulo 3+2 perché dà la possibilità di distribuire l'impegno. È comunque chiaro che il triennio – lo posso giudicare sempre dagli studi dei miei figli – è ancora molto teorico, per cui i due anni successivi della laurea magistrale risultano molto importanti. Credo oltretutto che non sia corretto, secondo me, entrare nella dicotomia specifico o generalista, credo soprattutto che vada cambiata la mentalità che porta a pensare che si debba studiare tutto in 5 anni. Quindi, Ingegneria per come è strutturata oggi è ottima: abbiamo una ottima Università e degli ottimi corsi. Ma sarebbe sbagliato pensare che questo bagaglio di conoscenze possa essere sufficiente per tutta la vita. Come dicevo, subito dopo la laurea ho fatto un Master; un po' di anni fa ho fatto un altro Master allo IESE che richiedeva 20 anni di esperienza lavorativa. Poco prima del COVID ho ottenuto un *Finance Degree* a Londra e adesso mi è venuto un altro desiderio: ho deciso di iscrivermi a Scienze Politiche, probabilmente indirizzo internazionale, è chiaro che quasi certamente mi laureerò a 70 anni, ma chi se ne importa, perché a questo punto la vita è bella perché è lunga, si spera, e puoi sempre trovare nuove sfide.

Quindi, avviandomi alla conclusione credo che mi piacerebbe molto vedere realizzata a Ingegneria, la nostra Ingegneria di Bologna, una sorta di *long life learning*. La tecnologia cambia in fretta, il mondo cambia in fretta, se noi pensiamo di avere conseguito tutto il bagaglio culturale nei 5 o nei 3 anni di studio siamo degli illusi; credo che sarebbe giusto, invece, come fanno anche i medici, cominciare a pensare a un *refresh* per noi ingegneri che può anche essere qualcosa che si sceglie alla nostra età, più matura, individuando quali sarebbero le materie che si desidera approfondire oggi, includendo il tema del digitale, uno dei temi più importanti che non stiamo affrontando, o ad esempio il tema del modello di business verso una *service session*. È chiaro che in questo caso si andrebbero a ibridare competenze tecnologiche con competenze di marketing, di *quality assurance*, per cui occorrerebbe dare la possibilità di identificare preliminarmente cosa si desidera approfondire, anche alla luce dei profondi cambiamenti tecnologici che oggi non solo il mondo delle tecnologie, ma il mondo in generale, sta affrontando. Quindi la mia proposta è questa: ragionare in termini di *long life learning* legato a noi ingegneri in possesso di un solido bagaglio formativo, diciamo così orgogliosamente usciti dalla prova di forza alla quale Ingegneria sottopone un po' tutti nel corso dei 5 anni di studio. Credo che sarebbe una bella esperienza, una bella sfida, pensare che cosa vorremmo riapprofondire e senza limiti di età, mettendoci costantemente alla prova.

M. Moretti: Ringrazio tutti per avermi invitato. È una bella *reunion*, perché vedo tanti colleghi della mia età. Forse io sono fra i più anziani, il che vuol dire che ho fatto una lunga esperienza dopo aver fatto Ingegneria, proprio qui a Bologna. Ricordo che tutte le

mattine partivo da via de' Giudei, dove alloggiavo in una camera, e andavo a Matematica dove frequentavo il biennio. Lì c'erano professori di eccellenza: Villa, Caprioli – ricordo che Caprioli faceva sia lezione che esercitazioni in una ora di corso che teneva alle 8 di mattino. E ricordo che alla fine il corso di Meccanica razionale, una volta ben acquisita la materia, ti dava quella preparazione cruciale che ti permetteva di affrontare le materie successive, la Scienza delle costruzioni, la Meccanica applicata alle macchine, e così via, in tutta tranquillità. E infatti io presi 30 con lode con Caprioli, e poi 30 in Scienza delle costruzioni; in Meccanica applicata alle macchine presi 28, l'unico 28. Anzi ne presi due, 28 anche in Disegno 2, perché preparavo tavole da disegno, già facevo *business* con i palestinesi, i greci – ricordate che in quegli anni (negli anni Settanta) erano numerosi gli studenti di quei paesi – e siccome avevo fatto il perito industriale e sapevo disegnare, ma non avevo soldi e dovevo mantenermi agli studi, arrotondavo con le tavole. Alla fine trascurai le mie, che non completai, e mi presi un 28 che 'macchiò' il mio libretto. All'esame di Meccanica applicata alle macchine invece mi chiesero di risolvere un problema che io risolsi come mi aveva insegnato Caprioli, ma la soluzione non apparve gradita a un assistente; io insistetti che era giusta; arrivò il docente, che verificò che effettivamente era corretta, però non svolta secondo i canoni da loro insegnati. E quindi presi 28, ma fui contento. Bella storia!

Riguardo la domanda: innanzitutto c'è un primo grande problema: i giovani devono viverla la Ingegneria, la Scuola. Devono essere dentro l'Università. Io, ricordo, entravo alle 8 di mattina e uscivo alle 8 di sera. Allora era tutta un'altra cosa, non possedevamo la tecnologia del giorno d'oggi: eravamo nella preistoria della digitalizzazione. Oltre a quei grandi Maestri che avete celebrato – De Castro, Pozzati, Evangelisti – vorrei ricordarne anche altri; io sono stato fortunatissimo perché subito dopo il mio biennio arrivò Capurso che portò una rivoluzione nella sua disciplina, come pure Ciampolini. Si partiva allora dal metodo deduttivo, dalle equazioni differenziali, perché c'era già il computer. Si poteva ricostruire, progettare, in maniera completamente diversa. Poi, certo, per capire i fenomeni fisici, per capire le cose 'concrete', si dovevano studiare anche i vecchi testi, c'era però un'impostazione completamente innovativa che poi oggi rinnovandosi è diventata, credo, un elemento di frontiera nuovo per l'Italia.

Questo è poi un altro elemento di discriminazione su quella che è stata la componente di specializzazione tecnica e quella, se volete, gestionale. Questi due elementi ancora sussistono, ma in forma completamente diversa. È chiaro che ogni Azienda ha bisogno di competenze tecniche distintive per poter produrre sistemi, prodotti e servizi distintivi, ma questo elemento lo si può corroborare e si può mantenere, anche in prospettiva distintiva, se lo si fa crescere con gli strumenti nuovi, gestionali, che naturalmente bisogna ugualmente possedere.

Io ho fatto 50 mestieri, molti nel quadro alle Ferrovie dello Stato. Ho iniziato alla Officina di trazione elettrica di Bologna, che oggi si chiama ONAE che doveva essere chiusa e lì sono rimasto a fare quella prima trasformazione che era necessaria immediatamente dopo l'Università. Mentre mi cimentavo nel fare progettazione tecnica – sono ingegnere elettrotecnico – la prima cosa che feci fu la progettazione della sottostazione

ambulante 80, un gruppo da 132 kVolt, con commutazione alternata/continua per andare “in tampone” sulle linee quando necessario; esperienza bellissima, progettazione riuscita di un sistema che nemmeno Brown-Boveri era riuscito a realizzare. In quel periodo c’era anche la conversione da conversione solida a conversione a vapori di mercurio, a conversione solida; quindi, c’era un elemento tecnologico in più. Ma essendo anche capo officina di circa 250 persone a 24 anni, per la prima volta mi dovetti cimentare con quelli che oggi si chiamerebbero *stakeholders* interni ed esterni e dovetti dimostrare – pur dentro un gruppo che allora era “Stato” puro – che oltre a saper gestire tecnicamente e saper progettare, si doveva saper creare valore. Un elemento di tale valore è quello che una figura manageriale formata con una forte conoscenza tecnica, ha molte più possibilità di successo nella capacità di programmare in maniera affidabile, progettare in maniera solida, saper risolvere problemi in maniera certa, quindi dare una garanzia ai cosiddetti *stakeholders*. La base tecnica è quella in grado di poter offrire le opportunità di risoluzione dei problemi, anche gestionali, che sono esattamente quelle necessarie all’impresa.

Ho poi preso un’altra strada. Mi sono occupato di questioni immobiliari, poi nel 1995 sono andato a dirigere il settore ferroviario a Firenze, sempre per le Ferrovie dello Stato. Poi, mi hanno richiamato alle infrastrutture. Mi sono occupato della produzione, della cosiddetta digitalizzazione dei sistemi di processo, e quindi dei sistemi automatici di controllo della produzione (denominata *European Train Control System*). Questi sono nati in quella occasione, in Italia nel 2001 come applicazione alla Alta Velocità, ma d’altra parte anche i primi elementi di digitalizzazione gestionale, i primi IEP basati su piattaforme SAP (Sistemi di Gestione Aziendale per il Supporto Imprese) in termini di manutenzioni di reti, e formazione sono nati in Italia: siamo stati i pionieri al mondo per SAP nella determinazione dei moduli di AT e così via. Tutto ciò aveva bisogno di persone che avessero una cultura in qualche modo in grado di poter comprendere i fenomeni fisici, i fenomeni concreti, e che su quella base potessero portare elementi di conoscenza gestionale, riuscendo ad avere anche una capacità – oggi si direbbe di *insight*, visione, intuizione – tale da poter fare pianificazioni a lungo termine affidabili, base fondante dell’azione quotidiana che un’impresa del settore deve avere.

Infine, ho ottenuto il primo bilancio utile – ho risanato il bilancio – delle Ferrovie, che oggi sono più di un fiore all’occhiello dello Stato italiano. Ricordo che mi presi carico delle Ferrovie dello Stato che erano praticamente fallite. Il Prof. Romano Prodi mi chiamò e mi disse: Tirrenia è fallita, Alitalia è fallita, mi dicono che anche le Ferrovie hanno i piedi freddi, fai quello che puoi!

Due anni dopo abbiamo registrato il primo bilancio utile. Ma la cosa di cui sono più orgoglioso è che allora non c’era una grande attrazione da parte delle Ferrovie verso gli studenti. Il *ranking* di attrattività delle imprese verso gli studenti, in particolare di Ingegneria, considerandoli tutti, vedeva naturalmente ai primi posti le banche, venivano poi i Ferrero, la Ferrari etc. Io presi Ferrovie che era al 45° posto, e l’ho portata – prima di uscire – al 1° posto superando Ferrero, Ferrari e tutte le banche che nel frattempo, dopo il 2009, erano diventate disastrose per ovvie ragioni. Questo è stato

veramente un elemento di grande orgoglio perché si riuscì anche a far affermare la grandezza del *brand* Frecciarossa, oggi valutata un miliardo di euro. Quel brand fu a me sconsigliato da tutti gli esperti di *branding*. Ma l'ho fatto io così, e ancora la livrea dei vari treni è quella dell'ETR 500 (treno uscito nel '97) che, unicamente con il brand e i nuovi colori, assunse completamente l'aspetto di un altro treno. Oggi ha 25 anni. L'ETR 1000 è un altro progetto di cui mi pregio, perché così ho disegnato il muso e così l'ho imposto a Bertone. Sono cose che nascono dal fatto che si ha una conoscenza dei fenomeni, e che si possono di conseguenza governare. La stessa cosa mi è capitata a Leonardo (l'ex Finmeccanica). Era una finanziaria di tante Società feudi di potere collegati a vari pezzi della politica. Anche questa fallita. Il fare di una costellazione di feudi un'unica grande impresa industriale "*one Company*" che ancora resiste e farla con capacità e abilità di poter prospettare piani strategici duraturi e affidabili, ha portato in soli 3 anni – poi sono uscito per le note vicende giudiziarie a cui ancora oggi sono collegato – a un incremento del titolo che è passato da 5,85 a 15,65. Sono uscito ed è crollato. E qui sottolineo un altro elemento: quanto in queste vicende sia importante la gestione delle relazioni con gli *stakeholders*, i quali chiedono innanzitutto una rappresentazione semplice, non semplificata del *business*, di saper individuare chiaramente qual è il *core business*, le *co-competencies*, le capacità distintive, gli elementi che sono in grado di dare sostenibilità. Non c'è sostenibilità industriale, economica e finanziaria se non c'è *business*.

A. Nanni: Buon pomeriggio a tutti. Ringrazio per l'invito che ho accettato con grandissimo piacere non solo per essere con voi oggi, ma anche per ricordare il professor Pozzati, al quale debbo molto essendo stato nella sua classe 45 anni fa. Molti altri docenti di Bologna dovrei ringraziare, ne vedo solo uno di spalle, il prof. Di Tommaso, ma sicuramente ce ne sono altri presenti oggi.

Io sono un ingegnere civile laureatosi in Italia nel 1978, e praticamente ho lasciato il Paese da allora. Sono stato dapprima in Sud Africa, poi negli USA dove mi trovo tuttora, e ho passato anche un paio di anni in Giappone. Fondamentalmente rimango un accademico, pur avendo fatto esperienze progettuali, ma direi che la mia vita professionale rimane all'interno della Università. Oggi sono all'Università di Miami come docente, come strutturista, e anche come direttore di Dipartimento.

Vorrei dire due parole rispetto a una prospettiva statunitense, forse guardando un po' al futuro, se mi permettete, più che al passato, e da una prospettiva ovviamente rivolta alla ingegneria civile, poiché questo è il mondo che io conosco. Se io penso ai nostri laureati o laureandi come il prodotto dell'Università, mi domando chi diventa il loro *employer*, chi li utilizza come prodotto. Naturalmente, c'è il settore privato, le società di ingegneria, le società di consulenza, e ancora, nel settore privato, ci sono le imprese, l'industria manifatturiera, per esempio i prefabbricatori, ma c'è un'altra grandissima componente data dal settore pubblico: negli USA, in particolare, il dipartimento dei trasporti. Che cosa hanno in comune tutti questi datori di lavoro? Che cosa richiedono

a uno studente è già stato un po' detto. Richiedono quello che io definisco i due pilastri fondamentali che sono la *competenza* e la *adattabilità*. Avere competenza significa avere conoscenza, fornire la quale è compito fondamentale dell'Università; il bisogno di dotare gli studenti di adattabilità supera forse un poco quello di dare loro competenze; cosa significa questo? Significa avere capacità di risolvere problemi (*continuous learning*); però senza la conoscenza, credo che adattarsi al mondo che cambia sia abbastanza difficile. Quindi per l'università, e parlo in particolare di università americane, in questo momento qual è la funzione fondamentale? È quella di trasferire conoscenza, quindi la parte relativa alla formazione, ma anche di creare conoscenza cioè fare ricerca. L'università americana oggi, in particolare quella privata, pone maggior accento sulla ricerca che sulla formazione. La formazione è diventata un po' il *last second*. Vorrei sentire dal mio collega che lavora negli USA, e che parlerà dopo di me, cosa ne pensa al riguardo, se ha la mia stessa opinione.

Quali sono le implicazioni di tutto ciò? In realtà, a mio avviso, i laureati che si producono hanno una carenza di quelle che sono le conoscenze professionali. Faccio un esempio banalissimo all'interno del mondo della Ingegneria civile: Topografia nelle università private ormai non si insegna più; in moltissime università non si insegnano più la progettazione in cemento armato e le progettazioni in acciaio come due materie separate; vengono al limite insegnate in un solo corso di soli 3 crediti ed erogate in un solo semestre.

Il motivo per il quale la ricerca ha questa preminenza rispetto agli obiettivi universitari di oggi è sicuramente quella di essere rilevante e di poter attrarre studenti, gli studenti bravi. Quindi, è una questione di *ranking*, è una questione di rilevanza. L'altra cosa che stiamo facendo e che ancora una volta spiega perché c'è una proiezione sul professionale che sta decadendo, sono per esempio le nuove assunzioni che facciamo rivolte ai soli membri delle facoltà che in realtà non hanno mai fatto professione, e che sono casomai degli esperti a livello molecolare, ma che in realtà per quello che riguarda l'ingegneria civile hanno a mio avviso una capacità di cognizione che è abbastanza scarsa.

Quindi, in conclusione dove siamo oggi? Io non credo che sia un momento di difficoltà insuperabile, ma l'opposto. Io credo che siamo in un momento storico per quello che riguarda questo meccanismo di trasferimento tecnologico. Non abbiamo ancora imparato a utilizzare la tecnologia, quello che l'*Information Technology* ha fatto negli ultimi 20 anni, e non abbiamo ancora acquisito la capacità di insegnare ai nostri studenti mediante queste nuove tecnologie. Quindi, l'obiettivo fondamentale dell'università rimane l'insegnamento; quello della ricerca è altrettanto importante, però non può a mio avviso, oggi, prevalere.

G.C. Sarti:

Domanda. Certamente, parlando di formazione ci riferiamo alla didattica nei confronti degli allievi che sono ai primi anni. Quando si parla di ricerca – ovviamente c'è un qualche coinvolgimento degli studenti iniziali, ma stiamo parlando sostanzialmente dei docenti, dei ricercatori e dei dottorandi. Capisco bene che ci sia un'enfasi importate e

un incentivo anche per il meccanismo complesso della ricerca che va probabilmente a scapito dell'attenzione nei confronti della didattica, ma la didattica nei confronti degli studenti dei primi anni mi sembra che debba comunque conservare una sua solidità notevole, come dire, di vecchio stampo – forse l'età mi porta a dire questo – e non debba essere invece viziata dalle attenzioni su settori speciali che sono quelli che invece la ricerca considera. Cosa ne pensa?

A. Nanni:

Risposta. Sono pienamente d'accordo con lei. Però, è anche vero che nel mondo in cui vivo e opero, esiste anche la tendenza a coinvolgere gli studenti in quello che noi chiamiamo *critical thinking*; per esempio, il progetto del 4° anno che nel passato era un progetto finalizzato alla analisi di tutte le componenti di un edificio, oggi potrebbe non aver riscontri con la parte professionale, potrebbe invece essere più appropriato utilizzare un concetto di “*molecular science*” per quello che è il cambiamento della risposta di un cemento a delle sollecitazioni ambientali.

Quindi, l'inclinazione e la capacità del docente si riflettono nella maniera in cui il docente poi insegna. Se il docente ha soltanto un interesse di ricerca, se il docente ha soltanto una conoscenza specifica, è chiaro che trasmette questo allo studente e si dimentica quello che io credo sia una funzione fondamentale che è quella progettuale del professionista. In fin dei conti io credo che i *professional engineers* siano i responsabili del *welfare* del pubblico, e che senza avere questa capacità di conoscenza, purtroppo, si otterranno dei risultati negativi. Quindi, credo che l'Università debba ripensare bene alla maniera in cui insegna la capacità di agire nel mondo della pratica.

M. Pasquali: Grazie a tutti voi per avermi invitato e grazie per quello che avete fatto 30 anni fa nell'educarmi e aiutarmi a crescere. Sono negli Stati Uniti dal 1993, ho lasciato l'Italia subito dopo essermi laureato a Bologna, ho conseguito il dottorato all'Università del Minnesota, Ingegneria chimica, con un *minoring* in Meccanica teorica, poi mi sono spostato a Houston, alla Rice University dove sono docente di Ingegneria chimica e scienza dei materiali. Alla Rice sono stato a capo del Dipartimento di chimica.

Riflettendo su quello che è l'impatto che la Facoltà di Ingegneria ha avuto su di me, penso a quanto l'ing. Bonfiglioli ha detto in ordine alla parte culturale. Questa è la parte più importante: quel che cerco di fare io quando insegno e cerco di formare, auspicabilmente, un ingegnere chimico. Quel che ho notato è che non scelgo mai un problema per divertimento o a scelta libera: so quello che devo fare, come farlo, perché farlo, cosa decidere di fare e non fare, perché ci sono tante cose che si possono fare, ma abbiamo solo un certo ammontare di risorse e di tempo per farle. Questo è quindi l'impatto.

Questo ha secondo me una valenza culturale che mi è stata trasmessa lungo l'arco di tempo della mia formazione, prima qui a Bologna e poi durante il dottorato fatto presso l'Università del Minnesota. Un'altra cosa molto importante è stato il confronto

sulle idee; oggi ho sentito, quando si è parlato di Evangelisti, Pozzati e De Castro, che io non ho conosciuto personalmente, raccontare di persone di grande integrità, che hanno trattato – come tanti altri loro colleghi – quasi da pari anche i giovani e il confronto fra di loro avveniva sempre sulle idee. È chiaro che dovrebbe esistere un differenziale di autorità fra un professore e uno studente, però alla fine ben ricordo che i professori erano sempre disposti a confrontarsi sulle idee: questo è stato un fatto molto importante per me. Infatti, quando sono arrivato negli USA tutti parlavano di *critical thinking*, bisognava imparare a fare il *critical thinking*, e io mi chiedevo: cosa sarà questo *critical thinking*? A un certo punto, quindi mi sono detto questo è il *thinking*, non è il *critical thinking*. Nel percorso scolastico italiano, già dal Liceo, prima ancora di Ingegneria, si insegna a pensare in maniera critica. Questo è un aspetto importantissimo secondo me, e credo che voi lo stiate continuando a fare, visto che ci aiuta a eccellere in un mondo che continua a cambiare velocemente.

C'è una altra componente che è anche più specifica: sono ingegnere chimico quindi ho notato che guardo sempre le cose come processi. Anche se a un certo punto mi sono messo a lavorare sulle nanotecnologie, cose molto “molecolari”, non ho mai perso la capacità di guardare le cose come processi. Riferirò su alcune questioni, che se avessi capito meglio sin dall'inizio, sarebbero state per me di grande aiuto.

Non mi è stato trasmesso abbastanza bene l'impatto sull'ambiente; c'era già una coscienza ambientale (mi sono laureato nel 1992) che derivava sempre da errori che si facevano e poi venivano corretti; a un certo punto io ho ricondotto questo fatto a come si trattava in termodinamica un problema relativo al concetto di serbatoio di calore, che veniva considerato tanto grande che non lo si poteva cambiare: questi sono concetti che non valgono più perché siamo così tanti, e abbiamo una così grande padronanza della tecnologia per cui qualsiasi cosa facciamo ha un effetto globale su tutto l'ambiente. Questo è secondo me un aspetto che non è ancora presente nell'insegnamento ingegneristico neanche negli USA.

Una cosa che credo l'Università di Bologna abbia fatto bene è che c'è una tensione, una doppia potenzialità, quando si forma un ingegnere: la maggior parte degli ingegneri sono dei gestori di tecnologia e una piccola parte di ingegneri sono dei creatori di tecnologia, ma alcuni, come ha detto l'ing. Moretti, a volte rivestono entrambi i ruoli. Moretti ci ha riferito infatti che, mentre gestiva le Ferrovie dello Stato, progettava il *brand* di Frecciarossa e il muso dell'ETR1000.

Io credo che la Scuola di Ingegneria riesca molto bene a bilanciare questi due aspetti, ci aiuta cioè a diventare gestori di tecnologia senza compromettere la creatività innata in alcuni studenti che potranno quindi metterla a frutto diventando inventori e progettisti. Direi che nell'insegnamento che ho ricevuto non è stata data sufficiente enfasi agli aspetti più complessi, mentre un po' troppo spesso sono stati trattati i temi più semplici. Il biennio fantastico, come la Meccanica Razionale con il professor Ruggeri, l'Analisi matematica o la Fisica: questi sono i temi veramente difficili. Li impari solo a 18, 19, 20 anni quando sei focalizzato solo sull'apprendimento. Sono materie difficilissime da imparare più avanti negli anni quando non è che si è persa la

capacità intellettuale, ma si è così impegnati su altri fronti che non si riesce più ad assimilarle. Inoltre, a volte si tenevano interi corsi di applicazione che avrebbero potuto essere esempi all'interno dei corsi fondamentali. È questo che cerchiamo di fare negli USA: i corsi sono ancora corsi fondamentali, con l'aggiunta di un po' di applicazioni specifiche, ma non teniamo lunghi corsi applicativi in modo da privilegiare le materie più difficili da imparare.

Un altro aspetto della Scuola di Ingegneria è che forse è stata privilegiata la parte deduttiva rispetto a quella induttiva. Quando sono uscito da questa università, ero molto bravo nel fare ragionamenti a partire dal generale per ricondurmi al particolare, ma non molto bravo a partire dal particolare e costruire da lì; questo fatto è legato anche alla capacità di imparare dal mondo invece che dai libri e forse si riferiva al periodo precedente a quello in cui ho studiato, che era un periodo di transizione.

Una delle cose riferite da alcuni che mi hanno preceduto in tema di digitalizzazione, è quella secondo cui ora è facilissimo trovare informazioni, mentre non lo era 30 anni fa. Ora è molto importante imparare rapidamente poche nozioni su un determinato argomento; invece l'insegnamento che avevamo ricevuto prevedeva d'imparare molto a fondo, e quindi ho dovuto disimparare questa modalità. Ma mi sentivo insoddisfatto nell'imparare in maniera superficiale. Invece adesso spesso cerco di imparare a fondo solo quello che occorre, per poi portare avanti quello che devo portare avanti.

Qualcosa di sicuramente importante, come anche l'ing. Bonfiglioli ha ricordato è il concetto di "superare le difficoltà". Quando sono arrivato il primo giorno da matricola mi sono detto: guarda a sinistra, guarda a destra: quei due non ti saranno qui quando ti laureerai. Il *graduation rate* era 35% allora e alla fine quando ti laurei, specialmente se ti laurei con voti alti, sai di essere stato in grado di superare delle vere difficoltà, difficoltà non solo intellettuali, ma anche di impegno, come quello di impegnarsi tutti i giorni a studiare e imparare. E questo ti dà una grande fiducia nella vita e molta determinazione.

In questa università abbiamo imparato molto bene a interagire tra studenti attraverso il lavoro di gruppo che ci organizzavamo da noi stessi. Io sono molto orgoglioso per il fatto che due dei miei migliori amici sono proprio qua. Noi non abbiamo fatto niente per essere tutti e tre qui, però allora – ricordo – lavoravamo molto nelle aule da disegno, poi nelle "Palafitte". Era un ottimo modo per imparare a operare in gruppi, compito non assegnato dai docenti, ma che in qualche modo veniva favorito dall'ambiente e si propagava.

La parte imprenditoriale è mancata un po': non avrei mai pensato di fondare una azienda, di mettermi in proprio: questa è un fatto che è venuto molto dopo. L'ho imparato in America e sono molto curioso di sentire da alcuni colleghi, come Carlo Tosti, che invece si sono arricchiti di questa componente – hanno cioè conseguito conoscenze imprenditoriali – qui a Bologna.

Un ultimo commento relativo alla differenza fra Stati Uniti e Italia. Ci si è chiesti: ci sono ancora persone come Evangelisti, Pozzati e De Castro? Forse ci sono, ma non li vediamo. Questo è successo negli USA, è un problema di diluizione, che hanno risolto

con le Università di eccellenza: è cioè diverso essere a Stanford o al MIT; alla Rice, ad esempio, siamo fortissimi con le nanotecnologie ed è diverso esserlo, ammesso che queste materie si studino, in altre università. Questo è estremamente importante, come lo è anche a livello di Università italiane: venire a Bologna è diverso che andare in altre sedi. A ogni livello di carriera, se studi in un luogo dove c'è una massa critica di persone che hanno un certo calibro intellettuale, un certo modo di pensare, un certo modo di lavorare, continui a crescere. Noi dobbiamo essere in crescita esponenziale perché questo è praticamente l'unico modo per avere veramente successo ad alto livello. Ogni volta devi fare 10 volte meglio di quello che hai fatto prima per continuare a distinguerti. Questo obiettivo è stato ottenuto negli Stati Uniti con le Università di eccellenza che spesso, come diceva il Collega Nanni, sono focalizzate sulla ricerca, anche se, almeno per quanto riguarda le università private come noi alla Rice, si dà molto rilievo anche alla formazione. Purtroppo in Italia le scelte sono state diverse e non so se ci possa essere un'inversione di tendenza: io lavoro molto con il Politecnico di Milano e in qualche modo vedo che loro sono riusciti a crearsi una cultura "di eccellenza", quindi anche nell'ambiente italiano incoraggerei molto a cercare di farlo in qualche modo, specie a Bologna, anche perché la sua e la vostra storia è tale che se volete farlo, lo potete fare.

G.C. Sarti:

Domanda. Chiedo a Pasquali e a Nanni, voi che avete anche di recente probabilmente avuto modo di confrontare i vostri studenti americani con i nostri studenti italiani, avete avuto modo di riscontrare delle differenze? Ci sono differenze, al di là di quelle caratteriali, differenze qualitative che potete rimarcare e che potete commentare dicendo questo sarebbe meglio da noi o meglio da voi?

M. Pasquali:

Risposta. Rispondo con un'affermazione che credo abbia fatto il Prof. Franco Foraboschi sostenendo che l'educazione è un sistema dominato dai fenomeni convettivi; quindi, se arrivano studenti bravi usciranno laureati bravi, se arrivano studenti non tanto bravi usciranno laureati non tanto bravi. La mia esperienza con studenti italiani è stata sempre con studenti molto bravi, chiaramente quelli che sono venuti da noi alla Rice appartenevano sempre alla fascia molto alta ed erano allo stesso livello di studenti di fascia molto alta provenienti da altre sedi. Ci sono piccole differenze, magari a livello di preparazione; di solito gli studenti italiani sono un po' meno veloci a mettersi a lavorare su un problema nuovo non strutturato, rispetto a studenti che vengono da università di élite americane, però queste sono piccole differenze che si colmano velocemente. Ma anche qui queste considerazioni riguardano studenti che comunque erano studenti di élite di Bologna.

A. Nanni:

Risposta. Offrirò una risposta velocissima al prof. Sarti. Il prof. Marco Savoia sa bene quanto io insista per avere studenti italiani. La ragione è che io credo che per avere

studenti di successo sia necessario avere due componenti: la testa e il cuore. Credo che gli studenti italiani che vengono da noi negli Stati Uniti le abbiano entrambe: si sono formati la testa in queste splendide università come Bologna, ma hanno anche il cuore e la sete per continuare a studiare. Per cui io credo che queste due componenti siano i due pilastri fondamentali. A livello di battuta, vorrei ricordare che quando ero in un'altra università, nel Missouri, abbiamo avuto sino a 13 studenti italiani, e siccome era una città molto piccola, si diceva che se avessero potuto votare, io sarei diventato il sindaco di quella piccola città. Quindi, il problema non è tanto la nazionalità, ma quanto è presente questa sete di imparare cose nuove.

G. Vannucchi: Non è facile per me partecipare a questa tavola rotonda essendo io molto anziano. Gli altri colleghi fanno confronti con le conoscenze di base che hanno ricevuto alla loro epoca, certamente successiva a quella dei miei anni di università. Poi, forse, si trascura il fatto che non possiamo parlare solo di Università, ma dobbiamo parlare anche dei licei, di come siano decaduti, perché io ritengo che gli ingegneri italiani che uscivano negli anni passati erano caratterizzati da un grado di preparazione decisamente più elevato dell'ingegnere che esce adesso, ma per colpa anche del liceo, anzi forse soprattutto dei ginnasi e dei licei e delle scuole professionali; per queste noi in Italia abbiamo abbassato nettamente il livello, quando invece in precedenza le scuole superiori formavamo delle persone che erano preparatissime. A questo riguardo vorrei ricordare, riferendomi a De Castro la sua sensibilità nell'accettare di tenere un corso presso l'Istituto elettrotecnico Corni di Modena a favore di periti industriali. Di quel corso fu poi curata una dispensa dal prof. Personali; ed è emblematica la passione dei professori dell'epoca che consentiva di studiare a fondo vari problemi. Menziono questa dispensa perché è bene che rimanga agli atti ove si parli di De Castro.

Tornando a noi, con queste difficoltà iniziali, premetto che essendo quasi novantenne, ho difficoltà a fare un discorso preciso come chi mi ha preceduto, anche perché molte cose son già state dette. Quindi mi richiamerò alla mia esperienza personale. Io ho frequentato il liceo classico, sapendo che volevo fare Ingegneria. E questo mi è servito. All'epoca in cui ho fatto Ingegneria io, si faceva il biennio assieme ai matematici e non c'era alcuna differenza. Mi sono laureato nel 1957 e subito dopo in Università cominciai a fare attività di assistentato al prof. De Castro. Allora l'università era poco finalizzata, molto avanzata, ma poco finalizzata. Poi vedremo cosa potrebbe voler dire per il futuro essere un poco più finalizzati. Trascorsi due anni mi sentivo insoddisfatto per cui entrai (marzo 1960) in azienda: la Telettra che all'epoca aveva 600 dipendenti ed era la prima azienda in Italia a occuparsi di telecomunicazioni elettroniche. Io ho quindi seguito tutta la storia completa dall'analogico al digitale alle reti Internet, che sono informatiche. Questo mi ha fatto sostenere grandi battaglie sul discorso che è stato già affrontato di come assurdamente in Italia si è persa quella che era la forza della multidisciplinarietà. Oggi nella evoluzione dei 5 anni è inutile studiare sistemi specifici. Già ai nostri tempi le cose si evolvevano velocemente, figuriamoci oggi: quando

dopo 5 anni si esce dall'università le cose sono completamente cambiate. Quindi, ciò che l'università ti dovrebbe assolutamente garantire sono le conoscenze di base per avere la capacità di costruire facilmente dei modelli che consentono di simulare il processo che si sta studiando. Se penso alla formazione – allora non esisteva l'informatica – considero sempre i modelli matematici, evidentemente, cui poi successivamente si è aggiunta la simulazione; però anche riguardo alla simulazione occorre una certa formulazione per riuscire a creare il modello: la creazione del modello ingegneristico è di fondamentale importanza. Questo però ovviamente non deve portare a trascurare in certi campi l'importanza delle matematiche di base. L'esperienza della mia vita dimostra la necessità di *continuing education*. Sono partito dai laboratori, sino a diventare direttore generale. Però quello che fondamentalmente mi interessa sottolineare è il fatto che dopo la laurea si riesca ancora per un certo tempo a capire abbastanza bene le cose, ma con un grado di approfondimento diverso, nel senso che finché si rimane in ricerca e sviluppo, si possono capire bene le cose fino in fondo, ma man mano che si va avanti, occorre intuirle grazie ad una preparazione di base: quello che si studia durante gli anni della scuola non si studia mai più così bene per il resto della vita, questa è la mia sensazione. Ai miei tempi, l'università italiana era indietro sotto certi aspetti, per esempio non si faceva alcun cenno in fisica della meccanica relativistica, non si trattava per niente la meccanica quantistica, addirittura la meccanica quantistica non veniva neanche nominata. Ed è per questo che riconosco alcuni meriti di De Castro di cui ho preso atto solo con ritardo. Il fatto che De Castro nel famoso volume *Elettronica applicata*, riesce a trattare sia la relatività ristretta, sia la meccanica quantistica, sia proporre la soluzione dell'equazione per lo studio di semiconduttori, lo ritengo sicuramente una cosa eccezionale. Io però quel volume l'ho scoperto molto tempo dopo, perché all'epoca in cui fu pubblicato ero molto occupato in altre attività. Per merito dell'azienda Telettra, dopo solo 2 anni e mezzo dalla laurea ho partecipato a un Master all'Università di Stanford (finendo nel giugno '63). Pertanto ho potuto confrontare i due sistemi d'insegnamento. Nel sistema americano, Stanford a quell'epoca era più avanti perché cominciava ad applicare la statistica (l'università italiana si è allineata solo dopo alcuni anni). Negli USA c'era una maggiore familiarità con i professori (anche se pure coi baroni, i professori italiani, si poteva comunque parlare, bastava però avere qualche cosa di interessante da dire). Dunque, meno distanza tra professori americani e studenti. D'altra parte nelle università americane si facevano dei trimestri che in pratica duravano due mesi e mezzo, metodo, secondo me, sbagliato. In due mesi e mezzo non si può assimilare la disciplina di un corso. Ecco perché prima ho parlato di un certo eccessivo rigore di De Castro: se si faceva Ingegneria, pur conoscendo profondamente la matematica, alcune finezze tipicamente matematiche potevano comunque essere lasciate da parte. Era il caso di Scienza delle costruzioni del professor Belluzzi: allorquando si considerava una piastra entravano in gioco alcune complicate equazioni differenziali, che, grazie ad alcune ipotesi, potevano essere rimosse e in due minuti si risolveva ingegneristicamente il problema. Questo approccio però non piaceva a De Castro, che nel suo volume *Elettronica applicata* grazie a un diverso approccio illustrò

qualcosa di più sui semiconduttori e sulla loro evoluzione (ed è stato un vero peccato che quell'iniziativa che lui aveva avviato nel LAMEL non abbia potuto proseguire). In conclusione, partendo da queste basi, io ritengo che fare la formazione di base rimanga essenziale. L'esperienza statunitense – ho poi continuato ad andarci per decine di volte per lavoro – a quei tempi era quella di un approccio che partiva dal particolare e andava al generale, e che almeno da quello che sento dire, credo sia cambiato; viceversa la scuola italiana andava dal generale al particolare: cosa fondamentale perché con la evoluzione dei sistemi non interessa la particolare applicazione. Si scrivevano libri che presentavano numerosi esempi, per giungere alla fine a una regola generale; questo è un discorso che va sempre sostenuto per la generalizzazione massima del problema. E questo era un punto di forza degli italiani che andavano all'estero, poiché erano più abituati a generalizzare il problema e quindi ad avere nuove idee. In questo senso, io in tutta la mia vita ho proseguito mantenendo anche i rapporti con l'università; ho preso la libera docenza, l'ultima nel 1971, continuando il mio mestiere e insegnando all'università; sono stato per 30 anni monogamo con la Telettra, dimettendomi quando è stata venduta a stranieri da parte della FIAT – che ne era stata proprietaria – pur avendo avuto FIAT meriti nella sua crescita. Pensate che io sono entrato in Telettra quando aveva 600 dipendenti e sono uscito che ne aveva 9000 di cui 4000 all'estero, con 2500 impiegati in ricerca e sviluppo. Questa è stata la mia prima fase di vita lavorativa. Poi ho cominciato ad occuparmi di multimedialità e sono andato in RAI prima come direttore tecnico poi vicedirettore generale, poi come direttore generale. Successivamente iniziò la mia presenza nei consigli di amministrazione del Politecnico di Milano, dell'Agenzia Spaziale Italiana e per finire all'Authority delle telecomunicazioni. Tutto questo lunghissimo iter si è basato molto sulla cultura di base, perché mi ha permesso di cambiare mestieri con relativa facilità e di stringere molte amicizie tra colleghi in giro per il mondo, principalmente a seguito dei miei soggiorni negli USA. Grazie forse anche a un po' di fortuna, a 26-27 anni ho conosciuto Packard, che fra l'altro era amicissimo di Virgilio Floriani (fondatore di Telettra), e ho conosciuto benissimo Bob Noyce, il fondatore di INTEL. Quindi, i fondamenti di base e la cultura allargata: questi sono i cardini fondamentali sui quali si dovrebbe insistere, senza perdersi negli insegnamenti specifici. Solide culture di base, e poi sotto questo aspetto rivedere il modello 3+2, anche se oggi credo sia cosa impossibile da fare, perché la matematica si studia bene al biennio: si fa effettivamente fatica a ristudiarla successivamente.

E. Zarri: Vi ringrazio tutti per l'invito e per questa occasione, che mi fa molto piacere, e ringrazio in particolare il professor Mesini, che è stato mio docente di "Misure e controlli nei giacimenti di idrocarburi" e che ancora mi segue da lontano, nonostante siano passati ormai quasi 30 anni da quando ho affrontato l'esame con lui. Sono ingegnere minerario, laureata a Bologna nel 1995; ho fatto il master MEDEA con ENI; ho iniziato la mia attività in ENI impegnandomi per 6 anni nella modellistica di giac-

cimento, quindi ingegneria di *reservoir*, poi *petroleum engineer*, poi sono passata alle costruzioni. Ho realizzato un po' di impianti in Congo, un po' di piattaforme nell'Oceano Atlantico, poi sono ritornata in Italia, di nuovo tornata in Congo realizzando la centrale elettrica di cui si sente tanto parlare in televisione. Diciamo che sono una donna in un ambiente molto maschile, ho fatto sempre l'ingegnere con ENI (sono monogama anch'io). ENI mi ha dato questa grande possibilità di muovermi nel mondo e di vedere tante cose; negli ultimi anni sono stata direttore dell'impianto in Val D'Agri, del famoso COVA, quindi del più grande impianto *on-shore* europeo di produzione di petrolio e di gas. Dal 2020 il CEO di ENI, Claudio Descalzi, mi ha chiamata ad essere il Direttore di tutta la parte Tecnologie di ENI: ho circa 2000 persone che lavorano con me. Abbiamo laboratori di ricerca e sviluppo, abbiamo una società di ingegneria – ENI Progetti, con 800 persone – a cui si aggiunge tutto il Digitale: tutto il digitale dei siti ENI dipende da me.

Condivido molte delle posizioni fin qui espresse nel pomeriggio: condivido l'importanza della formazione di base dell'ingegnere italiano, avendo avuto modo di confrontarmi in ambienti industriali con ingegneri inglesi, australiani e africani. L'ingegnere italiano, almeno quello che io conosco e che sto vedendo negli ultimi anni attraverso i giovani che arrivano dall'università, ha quella formazione di base ampia e solida, che va dal generale al particolare, che gli permette di essere duttile e di potersi riadattare con la stessa profondità di conoscenze che magari aveva nei primi anni. Io ricordo la mia stessa esperienza: sono stata ingegnere di *reservoir*, quello che il professor Mesini, il professor Borgia e il professor Chierici mi avevano insegnato; e lì avevo conoscenze specifiche molto approfondite. Poi però man mano che la propria vita professionale si evolve, accade che ti trasferisca in settori diversi, le conoscenze risultano meno approfondite, e ciò che ti deve essere da guida nel capire la dimensione del problema e come affrontarlo, è la tua duttilità, la tua istintività professionale. Questa guida è da un lato legata al carattere personale, dall'altro alla formazione di base che viene, e di questo sono molto convinta, dalla nostra impostazione universitaria e quindi dalla nostra ingegneria. Ma anche – ed in questo senso mi trovo molto d'accordo con l'ingegner Vannucchi – dalla formazione ricevuta nei nostri licei. La mia formazione parte dal liceo classico e qui affermo sinceramente, di accorgermi sempre quando un ingegnere ha frequentato il liceo classico. Ritengo quindi che, anche allo scopo di mettere a sistema e cortocircuitare conoscenze diverse, sia necessario proporre alla nostra industria una formazione ampia. Faccio un esempio recente: nei nostri laboratori una delle attività più particolari che abbiamo realizzato negli ultimi due anni, proprio in occasione del Covid, è stata quella di utilizzare la nostra capacità di calcolo: voi sapete delle nostre potenzialità con l'HPC, del nostro super computer – quello cioè del nostro *Green Data Center* – 50 petaflop di capacità di calcolo che usiamo per l'elaborazione geofisica e per la modellazione dei giacimenti. Questa capacità di calcolo è stata utilizzata, unitamente agli algoritmi che sviluppano i nostri ingegneri e geofisici, nell'ambito della emergenza sanitaria Covid, allo scopo di simulare in 48 ore centinaia di milioni di interazioni molecolari tra virus e principi attivi di opportuni preparati farmaceutici. Tutto questo

è stato fatto, insieme a *Dompé farmaceutici S.p.A.*, con i nostri ingegneri. Gli stessi ingegneri che nella raffinazione studiano le interazioni molecolari. Tutto questo è stato possibile da un lato perché siamo una grande industria, dall'altro perché abbiamo la possibilità di cortocircuitare questi saperi, ma anche perché i nostri ingegneri oltre a conoscenze di base solide, hanno quella duttilità che consente, secondo approcci interdisciplinari, di coniugare tra loro saperi diversi per affrontare, e risolvere, nuovi problemi e nuove sfide della Società. Il mondo della raffinazione del petrolio ormai sta declinando, eppure quelle conoscenze, le competenze acquisite in quel mondo, diventano la base per qualcosa di nuovo: una applicazione nel mondo medico. Questo tenevo a ricordare: una esperienza personale gestita lo scorso anno unita, a una parte della mia storia personale, un po' diversa dal solito, anche perché vi assicuro che non ero mai accompagnata da altre colleghe: ero quasi sempre sola, pur supportata da un valido *team* di colleghi.

Parte II

L'importanza del connotato multidisciplinare dell'insegnamento ingegneristico

Moderatore: *Maurelio Boari, Professore Emerito di Informatica, Alma Mater Studiorum - Università di Bologna*

M. Boari: L'ultima sessione della giornata si pone un problema che non è stato affrontato negli incontri delle sessioni precedenti, dedicate all'opera dei grandi maestri e a quella degli ingegneri affermatosi nella vita professionale che hanno riferito della propria esperienza.

Il problema riguarda la adeguatezza della preparazione che viene fornita dalla Scuola di Ingegneria a chi si appresta ad entrare oggi nel mondo del lavoro. Ci si chiede se la preparazione che l'Università offre oggi, non 10 anni fa, per chi deve essere pronto per entrare nelle aziende di domani è o non è sufficiente. In altri termini, la preparazione che l'Università sta fornendo nella Facoltà di Ingegneria – ora Scuola di Ingegneria – ai futuri ingegneri è considerata sufficiente da chi lavora nelle aziende, oppure può e deve essere migliorata? In particolare, sorge il problema della multidisciplinarietà, e la domanda che ci si pone è: fino a che punto oggi l'ingegnere che viene formato dalle nostre Scuole possiede quelle caratteristiche di multidisciplinarietà che oggi pare interessino alle aziende più che nel passato?

L'oggetto di questo secondo *panel* verte su questo interrogativo, e vi saremo grati se lo svilupperete tenendo conto quindi delle seguenti questioni, ad esso legate: il mondo delle aziende è cambiato o no? Il tipo di multidisciplinarietà che oggi è richiesto dal mondo del lavoro è veramente lo stesso che era richiesto qualche anno fa oppure le esigenze sono diverse? Qual è la vostra esperienza in questo settore? I giovani che vengono a lavorare con voi hanno una caratteristica di eccessiva specializzazione e sono quindi molto preparati in un settore specifico, ma sprovvisti di quel sistema di conoscenze che caratterizza la multidisciplinarietà? Se effettivamente questo problema fosse per voi importante, come si potrebbe risolvere?

Secondo il modello attuale dapprima consegua la laurea e successivamente mi iscrivo a un master, ovvero, l'università mi fornisce una forte conoscenza specialistica in un determinato settore, ma se voglio comprendere tutti gli aspetti che mi consentono di vivere con successo in una realtà multidisciplinare come quella delle aziende ho la necessità di padroneggiare una serie di contenuti multidisciplinari che probabilmente

oggi trovo soltanto all'interno di un master che è quindi d'obbligo seguire dopo avere terminato l'università.

Questa che vi ho posto è la problematica su cui mi piacerebbe sentire la vostra opinione. Ringrazio moltissimo i relatori presenti oggi a questa tavola.

A. Andrisano: Ringrazio gli organizzatori per l'invito, che rappresenta una bellissima occasione per rivedere tanti amici e tanti colleghi. Come ricordava il professor Boari io non sono un uomo d'azienda. Sono stato negli ultimi anni Rettore dell'Università di Modena e in tale ruolo ho cercato di interpretare i desiderata delle aziende, in particolare quelle con le quali abbiamo avuto strettissimi rapporti e con cui abbiamo impostato percorsi di formazione che fossero da un lato soddisfacenti per i nostri studenti e dall'altro adeguati per le aziende che li avrebbero assunti.

Il dibattito in corso, preceduto dal ricordo dei tre grandi maestri, ha fatto emergere diversi spunti anche per i lavori del pomeriggio. Riguardo la multidisciplinarietà, la cui importanza mi pare essere stata un elemento condiviso da tutti gli intervenuti, voglio sottolineare come essa rimanga un elemento fondamentale in quanto capace di caratterizzare tre punti che ritengo importanti. Due di questi sono stati già toccati anche se tangenzialmente. Il primo è la capacità di adattamento al cambiamento, dote sempre più richiesta dall'attuale mondo del lavoro caratterizzato da una spinta accelerazione dell'innovazione: possedere una base multidisciplinare molto solida e articolata facilita indubbiamente la capacità di adattamento al cambiamento continuativo e mette l'ingegnere nella condizione di essere maggiormente preparato ad affrontare e risolvere i problemi che gli si pongono. L'altra questione che è già stata accennata è la capacità di risolvere il problema: il *problem solving*, che naturalmente diventa significativa se la persona è stata preparata per affrontare tematiche differenti grazie ad un'elasticità che ne deriva come conseguenza naturale.

A questi due punti aggiungerei una terza questione molto importante, che deriva dalla mia esperienza personale, ovvero quella di acquisire capacità critica e capacità di sintesi quando ci si trova di fronte a un contesto caratterizzato da una pluralità di competenze: avere una base di conoscenze più articolata, multidisciplinare appunto, aumenta la sensibilità verso la comprensione della essenza del problema tecnico, col risultato di portare l'ingegnere a pervenire ad una sintesi estremamente efficace. Mi pare che su questo punto siamo tutti d'accordo, cioè sul fatto di trovare le modalità migliori per portare avanti un percorso di formazione che possa garantire questi aspetti. Per quanto riguarda i percorsi di formazione un altro aspetto che penso possa essere importante ed è stato citato precedentemente riguarda la *long life learning*, la formazione continua: io credo che questo sia un elemento che vada messo sul tavolo della discussione perché è la formazione continua che consentirà sempre di più un adeguamento alla realtà che dovranno vivere i nostri ingegneri. Questa formazione diventerà sempre più necessaria e quindi, presumibilmente, sarà nel quadro di questa formazione continua che avverrà l'offerta di corsi di perfezionamento e di master o di moduli formativi che credo possano

essere utilizzati anche da chi già lavora all'interno delle aziende. Sui percorsi di formazione, l'esperienza che mi deriva anche dalla frequentazione del mondo aziendale, mi dice che presumibilmente non ha molta importanza frequentare questi corsi strettamente in serie, ma che può essere utile alternare ai percorsi di studio anche percorsi all'interno delle aziende. Diviene così possibile acquisire una specializzazione che trae vantaggio dall'aver maturato una esperienza applicativa sul campo aiutata dall'aumentata capacità formativa di chi ha seguito corsi di formazione interdisciplinare. Ovviamente tutti questi elementi sono fortemente condizionati dal fattore tempo: quanto tempo riteniamo sia necessario prima che le persone siano pronte per le aziende? Le aziende hanno esigenze differenziate e il nostro percorso di solito guarda con maggiore attenzione le aziende più strutturate con le quale si possono attivare forme di collaborazione particolarmente efficaci.

Naturalmente gli studenti vanno motivati in merito ai percorsi di questo tipo, e tengo a sottolineare come sia estremamente importante trovare il modo di coinvolgere i nostri ragazzi, a livello studentesco, e aiutarli a sviluppare quella passione di cui si è accennato poc'anzi. Come fare? La mia esperienza in questi ultimi anni mi ha mostrato che qualche risultato è stato ottenuto su iniziative di grande valore, portate avanti in sinergia fra di loro e in stretta collaborazione con il mondo industriale in maniera tale che i ragazzi possano intravedere uno sbocco professionale molto interessante. Ne cito uno che ormai è diventato comune a tutte le Università della nostra Regione, nel quale credo molto e che naturalmente prende in considerazione l'aspetto della multidisciplinarietà: quello del campionato di *Formula Student*, che le nostre Università stanno portando avanti sia con vetture tradizionali a motore endotermico, con vetture ibride e con vetture a motore elettrico anche senza pilota. Queste iniziative presentano una serie di vantaggi: la possibilità di lavorare in *team*, la possibilità di collaborare con colleghi e la possibilità di conoscere quali sono le tematiche e le discipline che in qualche modo devono interconnettersi. A ciò si aggiunge il grande entusiasmo che può derivare nel momento in cui si ha uno stretto contatto, parallelo allo studio universitario, con il mondo produttivo che consente di conoscere metodi, mezzi, finalità e obiettivi. È importante osservare che il campionato di *Formula Student* ha raccolto grandissimo entusiasmo non solo da parte del mondo accademico ma anche da parte del mondo industriale: un elemento che ha sicuramente favorito la formazione e l'attivazione di quei corsi di ingegneria sulla *Motor Valley* che rappresenta un altro elemento di successo che le Università della nostra regione hanno conosciuto in questi ultimi tempi. Progetti di grande valore, progetti appassionanti che suscitano l'entusiasmo degli studenti e implicano necessariamente uno strettissimo contatto con il mondo produttivo, che imitano le risorse che consentono di far sedere allo stesso tavolo studenti, laureandi, dottorandi, tecnici di azienda, tecnici di aziende che ormai nella nostra regione sono tutti i nostri ex allievi che hanno fatto carriera che conoscono bene il mondo accademico e che sanno perfettamente interagire con esso. A questo proposito voglio anche riprendere alcune tematiche che sono emerse stamattina: qualcuno osservava che i nostri maestri hanno saputo sviluppare la

passione degli studenti, portandoli su un certo percorso, stimolandoli ad arrivare alla laurea con grandi risultati. Qualcuno anche si chiedeva quale sarà il ruolo delle facoltà di Ingegneria e della Scuola, dato che ora non ci sono maestri che spiccano nello stesso modo? La risposta che ho elaborato in questi anni a questa domanda è che comunque il sistema rimane molto efficace: la Scuola di Ingegneria è un grande valore per il paese e noi dobbiamo essere sempre più convinti che lo sviluppo di questo paese nasce dalle Scuole di Ingegneria anche se il mondo fuori non se ne rende conto. Noi, che siamo gli addetti ai lavori, ne siamo però perfettamente consapevoli, e siamo consapevoli di quale sia stato il nostro ruolo in questi cinquant'anni. Pensiamo a quanti ingegneri abbiamo laureato in questi decenni: se questa regione è arrivata ad avere uno dei PIL più alti del paese, sicuramente lo deve a bravissimi imprenditori che hanno saputo impostare attività industriali di livello, ma ritengo che a fare la differenza sostanziale sia stato il capitale umano. Forti di questa idea che le Scuole di Ingegneria sono un grande valore per il paese possiamo acquisire la capacità di essere maggiormente propositivi. Qualcuno questa mattina chiedeva come facciamo a influire maggiormente sullo sviluppo del nostro paese: io credo che la nostra capacità, dimostrata, di porci come promotori di iniziative di successo debba essere tale da indurre anche le classi politiche a prenderci come riferimento e ispiratori di scelte di grande contenuto: questa credo sia la sfida maggiore che dovremo affrontare nei prossimi tempi.

F. Bassoli: Buon pomeriggio a tutti, ritengo opportuno presentarmi brevemente per introdurre la mia esperienza aziendale. Sono un ingegnere chimico, laureato nel 1994, ho lavorato sette anni per Eni in Italia, vent'anni per Alcoa, gigante dell'alluminio, e da 15 mesi lavoro per Anchor, un'azienda B2B che produce packaging. Ho un'esperienza totalmente aziendale, che parte come ingegnere, per poi svilupparsi lungo percorso nel quale ho lavorato come responsabile degli acquisti, poi delle vendite, di finanza e ancora degli acquisti, quindi caratterizzato da un connotato sicuramente multidisciplinare. Posso offrirvi il punto di vista di come le aziende vedono la multidisciplinarietà. La multidisciplinarietà secondo me è oggi una caratteristica dovuta all'esigenza di cambiare i prodotti e i servizi in maniera molto più frequente di quanto succedeva negli anni passati: la tecnologia e le esigenze dei consumatori sono molto diverse e cambiano con un passo più veloce. Per una bottiglia di Coca Cola, ad esempio, gli stessi cicli produttivi che in passato avevano delle durate di 6/7 anni, oggi hanno durate di 2/3 mesi. Quindi gli ingegneri sono spinti a lavorare con altre funzioni, in maniera continua, con cicli molto molto brevi, e portando nel gruppo di lavoro in cui operano la capacità di approfondire aspetti della propria materia integrandoli con quindi gli altri colleghi in tempi brevi: questo è un aspetto cruciale della multidisciplinarietà per un'azienda. Probabilmente la prima parte riguarda la conoscenza verticale, specialistica, la capacità di poter approfondire su temi tecnici circoscritti ma complessi, mentre la seconda parte, che è altrettanto importante, è quella di poter mettere a sistema conoscenze diverse per creare qualcosa di coerente e compiuto sulla

base delle diverse conoscenze. Se posso condividere la mia esperienza, sicuramente la prima parte mi è stata fornita dalla Facoltà di Ingegneria, indirizzato in Chimica, in maniera molto forte: grazie a questo, mi sono ritrovato a lavorare in numerosi *team* in Italia e all'estero, con capacità di raggiungere soluzioni tecniche con conoscenze che probabilmente possedevo in maniera superiore ai miei colleghi. La seconda parte è probabilmente quella sulla quale ho dovuto compiere gli sforzi maggiori perché prevede di mettere insieme conoscenze diverse tra più interlocutori, aspetto sul quale la formazione in altri paesi è curata maggiormente, ed è in grado di fornire maggiore capacità di lavorare in gruppo. Quando lavoravo negli Stati Uniti ho vissuto un'esperienza che mi ha fatto molto pensare: i miei figli andavano alle scuole elementari e la prima cosa che mi successe quando entrai nella scuola elementare di mio figlio fu che la preside mi accompagnò per un giro nelle classi, e in ogni classe un bambino mi prese per mano per spiegarmi che cosa stessero facendo nelle classi. Questo indica che una cosa che fanno molto bene negli Stati Uniti è occuparsi del cliente, dare la capacità fin da piccoli di esprimersi, di poter connettersi con altre persone, che è una delle basi della multidisciplinarietà. Questo è un aspetto molto importante nel clima aziendale perché chi poi ottiene risultati e ha successo è colui che riesce a connettersi in maniera più intensa con altre persone, ed è ciò che offre la possibilità agli ingegneri di avere carriere in altri settori oltre a quello squisitamente tecnico. Nel mio caso, ho fatto l'ingegnere per i primi sei anni della mia vita professionale, successivamente ho svolto attività di tipo commerciale, ma nei miei *team* ci sono sempre stati 30-40% di ingegneri, figure fondamentali in quanto dotate della capacità di approfondire concetti in tempi brevi, dote non scontata da chi proviene da percorsi formativi diversi. Io vedo la multidisciplinarietà in questo modo: innanzitutto la capacità di saper approfondire i concetti, in secondo luogo la possibilità di concepire e gestire progetti extracurricolari in cui concetti di diversa matrice culturale e con diverse funzioni vengono messi a sistema proficuamente. Faccio un esempio sempre basato sulla mia esperienza: quando ancora lavoravo negli Stati Uniti facevo parte dell'*advisory board* di una università di Washington, la Howard University, sul tema della *supply chain*, dove avevano attivato un master e avevano invitato diversi professionisti a partecipare. Lavoravo a cadenza mensile per fare del *coaching* agli studenti e per poter sempre migliorare i contenuti di questa *supply chain*. Trovo questi modelli estremamente validi perché offrono la possibilità agli studenti di ricevere direttamente dalle aziende i contenuti necessari per la migliore integrazione nel mondo del lavoro, dando da un lato la possibilità agli studenti di informarsi direttamente su ciò di cui hanno bisogno le aziende e dall'altro la possibilità alle aziende di influenzare alcune priorità delle Università per definire i percorsi di formazione degli studenti. L'opinione basata sulla mia esperienza è quindi che è certo importante formare negli allievi la capacità di approfondimento, chi non riesce ad approfondire un argomento non è utile per un progetto tecnico, ma allo stesso tempo bisogna prevedere una formazione riguardante progetti extracurricolari, che forniscono l'opportunità di connettersi maggiormente al mondo industriale e permettono di lavorare su progetti che prevedono il coinvolgimento di altre discipline.

M. Boari:

Domanda. Dando per scontato che la preparazione scientifica dei nostri laureati sia ottima e soddisfacente per le esigenze operative delle aziende, secondo lei quando i nostri neolaureati entrano nella sua azienda, posseggono questa capacità di lavorare in gruppo, capiscono autonomamente quali sono gli aspetti più rilevanti dei problemi che devono risolvere? Hanno questa sensibilità o se la devono costruire? Stiamo parlando della generazione di oggi, non quella di tanti anni fa. Cosa deve fare in tal senso l'università oggi? Deve cercare di insistere su questi aspetti oppure è già sufficiente quello i ragazzi posseggono al termine del loro percorso formativo universitario? Glielo chiedo in base all'esperienza della sua azienda, che vede sempre ragazzi nuovi. Se a questi ragazzi mancasse qualcosa, cosa può fare l'università per sopperire a questo aspetto?

F. Bassoli:

Risposta. Per quanto riguarda la conoscenza non ci sono problemi nella maggior parte degli studenti che vedo partecipare al mondo aziendale. Per quanto riguarda la capacità di interfacciarsi ed essere efficaci a livello di un *team*, su quello non vedo tutti gli studenti con la stessa capacità. Se c'è un'area dove si può fare di più questa è una, e ciò può avvenire attraverso attività progettuali, anche in azienda, che prevedono interazione maggiore con altre discipline.

P. Cassani: Ho conseguito la laurea in Ingegneria meccanica all'Università di Bologna ormai trent'anni fa, nei tempi previsti dal corso di studi e *cum laude*.

Frequentare l'Ateneo bolognese è stato per me, da studente, motivo di grande soddisfazione per il prestigio che da sempre l'ha accompagnato, peraltro frequentemente sostenuto dai *World University Ranking*.

Oggi, da professionista, ne apprezzo con ben maggiore consapevolezza il suo valore formativo, che si distingue per l'eccellente qualità dell'offerta didattica incessantemente corroborata da una eccellente attività di ricerca e di sperimentazione (specialmente nei percorsi tecnici e scientifici) e da una visione internazionale, che permette di condividere esperienze di studio (oltreché personali) volte a comprendere le complessità di sfide globali e locali. Questa vocazione consente ai suoi studenti, oggi ancor più che allora, di essere preparati e competitivi rispetto alle esigenze di un mercato del lavoro in costante cambiamento ed evoluzione.

Avere visione, guardare *oltre*, è sempre stato un imperativo strettamente connesso all'essere umano, e chi più degli scienziati, degli ingegneri, dei tecnici ne può comprendere l'importanza? Un bel giorno un uomo visionario ha visto una mela cadere dall'albero e ha intuito che vi era qualcosa da scoprire, cominciando ad esaminare campi fino ad allora inesplorati, e ancora un altro ha osservato le spore di una muffa e ha scoperto la penicillina: se non avessimo avuto l'abilità di guardare *oltre* l'apparenza e sognare un futuro migliore, non ci saremmo evoluti.

Per chi studia Ingegneria, guardare *oltre* significa varcare i confini angusti marcati dai dipartimenti – che sono tuttavia necessari per l'assetto organizzativo: oggi per l'ingegnere (a prescindere dal corso di studi intrapreso) è indispensabile conoscere la Meccanica, l'Elettronica, l'Informatica, l'Automazione. Il mondo del lavoro è profondamente cambiato: se Industria 4.0 sprigiona opportunità di grande attrazione, soprattutto per i giovani, la strada verso la trasformazione è un percorso complesso che oltrepassa l'implementazione tecnologica in senso stretto e tocca le persone nella quotidianità operativa.

La vera sfida, oggi, è portare la cultura dell'innovazione a tutti i livelli professionali: dal tecnico manutentore all'addetto all'assemblaggio, dall'ingegnere meccanico a quello informatico. Nei nostri anni, per stare al passo con i tempi, è fondamentale avere una base tecnica solida, una visione critica importante e soprattutto competenze incrociate.

L'ingresso delle tecnologie digitali all'interno degli stabilimenti industriali non solo ha creato nuovi modi di comunicare, decidere e agire, ma ha anche stimolato la necessità di figure con un background multidisciplinare su informatica e processi. Nelle fabbriche occorrono professionisti con competenze trasversali, che riguardino sia gli aspetti tecnologici sia i processi tipici del settore, oltre, naturalmente ad una conoscenza approfondita delle specificità aziendali.

Il mondo accademico fatica a trasformarsi per stare al passo con le nuove esigenze formative, sebbene l'Università di Bologna – forte della sua vocazione internazionale e della naturale propensione ai percorsi di ricerca – sia una delle più virtuose in questo senso, essendosi saputa attrezzare già da qualche anno per aiutare gli studenti a gestire (e non subire) il cambiamento, offrendo aperture ricche di possibilità.

Saper *gestire i processi*, come già osservato, è una competenza assai richiesta nel mondo del lavoro, principalmente per quelle aziende che vogliono mantenersi competitive, vive e sane. Ingegneria gestionale combina discipline di tipo tecnico con discipline economico-manageriali, e permette di affrontare situazioni nelle quali le variabili tecnologiche risultano dinamicamente interconnesse con le variabili economiche, ambientali e sociali.

Quante sono, dunque, le sfaccettature della disciplina che abbiamo studiato e che pratichiamo? Non c'è dubbio che quella dell'ingegnere è una figura professionale in continua evoluzione: sebbene sia nata come percorso di studio unitario ed estremamente specialistico nel diciottesimo secolo (in coincidenza con la formazione delle prime "scuole di ingegneria") e si sia scisso poco dopo in sole due figure professionali ben distinte, quella dell'"ingegnere militare" e dell'"ingegnere civile", oggi l'ingegnere si è riappropriato dell'originaria radice etimologica nella sua interezza, ovvero colui che 'fa uso dell'ingegno' per progettare, organizzare, interpretare e dirigere meccanismi complessi e non solo tecnologici.

Non è solo una questione di specialità, ma, come si è detto poc'anzi, di propensione alla trasversalità negli studi tecnici, di attitudine professionale orientata alla multidisciplinarietà.

Si pensi ad esempio all'ingegneria dell'automazione, la disciplina che riguarda la progettazione e la realizzazione di apparati e dispositivi automatizzati in grado di funzionare anche senza l'intervento dell'uomo. Il suo percorso di studi, che integra diverse branche ingegneristiche quali la Meccanica, l'Elettrica, l'Elettronica, l'Informatica e le Telecomunicazioni, non a caso è anche nota come "meccatronica", perché coniuga aspetti tecnologici ed elementi teorico-matematici sottesi al concetto di retroazione/feedback.

Ebbene, l'automazione, che peraltro è elemento chiave della competitività delle aziende del nostro territorio e sempre più parte integrante della vita quotidiana di tutti noi, è gestita nelle imprese da professionisti che hanno intrapreso un percorso di studio spiccatamente orientato alla multidisciplinarietà.

Per molto tempo le professioni scientifiche e tecniche, e in particolare l'ingegneria, hanno rappresentato, in maniera assai semplicistica, il *mondo del fare*, contrapposto al *mondo del pensare*. Ma oggi è evidente che il confine tra pensiero e azione si sia irrimediabilmente frantumato, perché qualsiasi opera, qualsiasi progetto, si rivela indiscutibilmente come il frutto di un approccio che integra diverse discipline nelle quali convivono percorsi formativi ed abilità differenti.

Prima di concludere, mi concedo un'ultima osservazione che vuole contraddire un'altra convinzione purtroppo assai diffusa, ovvero che l'ingegnere sia un tecnico freddo, rigido ed incapace di sbrigliare la creatività.

La bellezza e, per quanto mi riguarda, l'orgoglio di essere "ingegnere" si fonda anche sulla capacità che gli studi mi hanno concesso di gestire la complessità attraverso la capacità di sovrapporre specificità: saper affrontare e gestire contesti ogni giorno più complessi, dove qualsiasi aspetto deve essere osservato da più punti di vista, è il risultato di un percorso formativo, anche personale, che mi ha educato a sviluppare modi sempre nuovi di pensare, a interpretare atteggiamenti delle persone che mi circondano, ad alimentare quell'attitudine a guardare oltre. Le materie tecniche che abbiamo studiato e che pratichiamo sono assolutamente necessarie per il nostro adempimento professionale, ma per esplicitarsi compiutamente hanno bisogno di una piena consapevolezza dell'atteggiamento che abbiamo di fronte ai nostri interlocutori e ciò è possibile solo se si coltiva una cultura umanistica che sia in grado di porre al centro l'uomo nelle sue vesti di utente e operatore.

E questo è possibile non all'uomo computazionale in quanto tale, ma solo ad un soggetto che, radicato nella più ampia cultura umanistica, sappia liberare le intelligenze e aprire le menti.

S. Guarro: Grazie dell'invito e grazie all'ingegnere Giulio Trombetti che mi ha coinvolto nel riallacciare i legami con l'Università di Bologna dopo la mia laurea nel 1971.

Il mio *background*, riassunto velocemente, è stato molto interdisciplinare, sia per formazione sia per necessità. Nel corso della mia carriera professionale sono partito come ingegnere nucleare per passare poi alla ricerca con una *fullbright* presso l'Uni-

versità di Berkeley in California sui materiali nucleari. Tornando in Italia ho lavorato nell'industria nucleare, che allora era situata a Genova, e dal 1978 mi sono trasferito permanentemente negli Stati Uniti dove ho conseguito un dottorato in ingegneria nucleare, ma passando allo studio sulla sicurezza e all'analisi dei sistemi. Successivamente, alla fine degli anni '80, ho cambiato indirizzo passando all'aerospaziale e lavoro con la *Aerospac Corporation*, un'unità semigovernativa degli Stati Uniti, che lavora prevalentemente sui sistemi di lancio e satellitari di differenti entità governative, incluso il Dipartimento di Difesa. Ho anche una mia piccola società di ricerca e consulenza. Da un lato, nel ramo aziendale sono un *Technical Fellow* dopo aver rivestito cariche manageriali a carattere funzionale, ovvero ero un manager di gruppi ingegneristici, dall'altro, nella mia società di ricerca e consulenza, ho avuto la possibilità di svolgere funzioni di dirigente. Ovviamente la mia esperienza è negli Stati Uniti, quindi alla domanda se l'Università italiana sia in grado di preparare gli studenti da un punto di vista interdisciplinare posso solo rispondere parzialmente. Negli Stati Uniti ci sono molte differenze a seconda della società in cui si lavora. Le grandi società sono in grado di fornire loro stesse un periodo di formazione ai neolaureati, mentre quelle più piccole, soprattutto quelle più all'avanguardia tecnologica, cercano competenze immediate e specialistiche. Esiste quindi una dicotomia.

Dal mio punto di vista, l'interdisciplinarietà è un beneficio per l'individuo, perché gli permette di avere una flessibilità che è importante nel mondo professionale, sia per poter cambiare indirizzo sia per necessità lavorative. Per esempio, il mio cambiamento dal nucleare all'aerospaziale è stato una combinazione delle due cose perché l'industria nucleare è stata fortemente penalizzata da fattori politici e, quindi, il lavoro in quel campo era diventato di retroguardia, e non certamente quello che un giovane ingegnere vorrebbe trovare. L'interdisciplinarietà favorisce quindi una flessibilità dell'individuo verso nuove possibilità di lavoro e cambiamenti che è normale avvengano nel mondo del lavoro. Ritengo che esista un aspetto in cui l'università italiana è avanti rispetto a quella americana, in parte per carenze nelle scuole superiori americane dove ragazzi anche molto intelligenti escono senza una solida formazione di base, e le università sono costrette ad avere corsi, detti *Remedial Courses*, che hanno l'obiettivo di portare i ragazzi a livelli di base comuni a tutti in materie come la matematica, la chimica e la fisica. Dall'altra parte, esistono scuole d'élite dove la formazione è ottima e i progetti collaborativi sono enfatizzati e preparano al mondo del lavoro.

Esistono due aspetti che sono collegati e separati allo stesso tempo: una cosa è l'interdisciplinarietà come formazione, come conoscenza, un'altra è l'abilità a lavorare in un ambito collaborativo, che è sempre più importante perché oggi i progetti ingegneristici sono frutto del lavoro di diversi *team*. La formazione interdisciplinare aiuta a capire le nozioni di altre persone con conoscenze differenti dalle nostre, e facilita la collaborazione con gli altri. Tuttavia, è una condizione necessaria ma non sufficiente perché ad essa occorre aggiungere anche una formazione al lavoro di gruppo, perché esistono capacità interpersonali, ovvero la capacità di relazionarsi con altre persone nel modo giusto, di gestire potenziali differenze di opinioni, che vanno prese in considerazione.

Nella mia esperienza, che tuttavia risale a molti anni fa nell'università italiana, questo tipo di formazione era limitata. Vorrei concludere con un altro commento sul fatto che, vedendo l'accelerazione oggi presente nei cicli di conoscenza applicata, rimane sempre più importante cercare di risolvere il problema dell'aggiornamento professionale. È vero che le conoscenze approfondite si acquisiscono durante gli studi universitari, però i cicli professionali e tecnologici di oggi indicano che l'aspettativa di un ingegnere di poter lavorare su un tema specialistico per tutta la sua carriera professionale è molto bassa. C'è bisogno di sapersi riciclare in nuovi modi e direzioni, anche da un punto di vista tecnico e non solo passando da una carriera tecnica a quella gestionale, ma proprio acquisendo capacità tecnologiche nuove e differenti. In questo ritengo che certi modelli che esistono negli Stati Uniti possano essere utili, anche se vanno perfezionati. Mi riferisco a due concetti: il primo concetto è quello di *extended university*, ovvero corsi serali, spesso tenuti da persone reclutate dall'industria, che servono a diffondere conoscenze tecniche che si stanno evolvendo al di fuori della ricerca universitaria ma che sono importanti; il secondo concetto è quello di *open university*, che praticamente consente a persone di scegliere di seguire corsi universitari senza essere iscritti a un corso di laurea, serve quindi per completare le conoscenze in certi ambiti.

M. Majowiecki: Grazie per l'invito. Dall'Argentina dove vivevo sono venuto in Italia per iscrivermi all'Università e laurearmi in Ingegneria civile. Ho avuto la fortuna di assistere alle lezioni del Prof. Pozzati, che in quel momento, anni '60, era il leader in Italia ed all'estero relativamente alle analisi strutturali "semplificate" che esigevano, data la mancanza del "computer", una grande intuizione sul funzionamento della "risposta" meccanica della struttura civile allo scopo di identificare un modello numerico semplificato, simulazione del comportamento fisico reale della struttura.

Il prof. Pozzati ha insegnato nel mezzo di una rivoluzione epocale con l'avvento della Tecnologia Informatica (TI): siamo nell'era della "metamorfosi del linguaggio", come viene denominata da E. Benvenuto nella sua recente storia della Scienza delle costruzioni, dove il linguaggio simbolico e il formalismo matematico hanno attraversato la meccanica delle strutture per tradurla a servizio del calcolo automatico. È così mutata la "mentalità" alle radici dell'empirismo scientifico.

Infatti, J.T. Oden e K.J. Bathe ravvisano in un loro interessante articolo:

La comunità degli ingegneri di 20 anni fa era consapevole che l'uso dei metodi analitici classici offriva limitatissimi strumenti per lo studio del comportamento meccanico e, conseguentemente era necessario che l'ingegnere arricchisse le sue analisi con il soccorso di molto giudizio e intuizione accumulati in molti anni di esperienza. L'empirismo giocava un grande ruolo nella progettazione; benché fossero disponibili alcune teorie generali, i metodi per applicarle erano ancora in fase di sviluppo ed era inevitabile ricadere in schemi approssimati e far appello a indicazioni provenienti da numerose prove e conferme. Oggi è diffusa l'opinione che l'avvento del calcolo automatico abbia posto fine a tale epoca semi-empirica dell'ingegneria: ormai, possono essere costruiti modelli

matematici raffinati su alcuni dei più complessi fenomeni fisici e, se la potenza del calcolatore è sufficiente, si possono produrre risultati numerici credibili sulla risposta del sistema esaminato.

L'impostazione fisico intuitiva della scuola bolognese, rappresentata dal Prof. Pozzati, è oggi oltremodo fondamentale nella fase di identificazione – sintetica concettuale – di un sistema strutturale; i vantaggi offerti dagli elaboratori elettronici possono, d'altro canto, creare un'esaltazione incontrollata del calcolo automatico e dare l'illusione che l'uomo venga superato dalla macchina e la logica dall'automatismo.

Tornando alla domanda posta dal Prof. Boari sull'interdisciplinarietà devo dire che: la progettazione moderna, necessariamente trans-multi ed interdisciplinare, non può prescindere dal considerare che il processo progettuale deve fornire una soluzione globale del problema considerando, simultaneamente, tutte le ipotesi e vincoli di fattibilità. Il progetto concettuale, perciò, deve essere ottenuto da un processo di sintesi basato sulla esperienza e conoscenza di un *team integrato* di progettazione da sottoporre, successivamente, ad un controllo analitico. La posizione classica, di analisi separata delle variabili progettuali, porta alla scorrelazione concettuale del progetto ed a maturazioni temporalmente differite e, di norma, ad una qualità globale inferiore.

La laurea triennale da una parte e quella dottorale dall'altra possono essere proprio programmate con indirizzo interdisciplinare. Si possono realizzare lauree triennali per formare tecnici specializzati in grado di formare la necessaria multidisciplinarietà; oggi sono, infatti, necessari tecnici intermedi per la grafica tridimensionale, la gestione dei cantieri, il BIM, ecc.

In questo momento, per esempio, 30.000 ponti in Italia si trovano in una situazione molto delicata e necessitano di manutenzione straordinaria ed adeguamento sismico; le Istituzioni infrastrutturali stanno cercando senza successo ingegneri disponibili ad effettuare questa complessa operazione.

D'altro canto, l'afflusso di studenti alla Facoltà di Ingegneria civile si è notevolmente ridotto poiché la figura professionale dell'ingegnere, carica di responsabilità, non ha avuto un adeguato riconoscimento intellettuale ed economico.

Ribadisco quindi la necessità di una riorganizzazione nell'ambito del percorso di studi ingegneristici civili con

- corsi triennali che forniscano tecnici specializzati,
- corsi dottorali che formino ingegneri con una visione globale del processo progettuale, formando così la multidisciplinarietà.

A. Melloni: *Presentazione.* Ringraziando innanzitutto per l'opportunità che mi è stata data di intervenire in questo prestigioso consesso, su un argomento che considero di estrema attualità, vorrei partire da quella che è stata la mia esperienza personale e professionale per esprimere la mia convinzione che non vi sia alcuna contrapposizione tra formazione specialistica e multidisciplinarietà, ma caso mai complementarietà tra piani

diversi del sapere. È infatti ormai evidente come la chiave del successo nei progetti innovativi vada ricercata, in misura sempre maggiore, nella sapiente gestione di sinergie e interazioni tra molteplici discipline.

La mia scelta di iscrivermi ad Ingegneria, nel 1968, fu basata più che su una propensione alle discipline tecniche, su una ispirazione scientifico-umanistica, sicuramente influenzata dal mio background di studi classici.

Era l'anno che precedeva il primo viaggio dell'uomo sulla luna e, per uno studente di buone capacità che non aveva ancora le idee del tutto chiare, la esaltante accelerazione tecnologica che stava dietro alla conquista dello spazio costituiva un forte stimolo verso le discipline ingegneristiche. Scelsi Ingegneria meccanica che, ai miei occhi, appariva come la più completa e vicina alle mie aspettative.

Una volta conseguita la laurea, con lode, nel 1974 con tesi sperimentale svolta presso l'Istituto di Progetti di Macchine, relatore il professor Giorgio Bartolozzi, dopo un breve periodo in Riva Calzoni come progettista di impianti idroelettrici, venni assunto in Marposs, dove ho svolto la mia attività professionale per oltre quarant'anni.

Marposs, leader mondiale nella fornitura di strumenti di precisione per la misura ed il controllo in ambiente di produzione, con focus sui mercati delle macchine utensili, dell'*automotive*, dell'aerospaziale e dell'elettronica di consumo, con un organico attuale di 3600 dipendenti distribuiti in 34 paesi, può essere considerata una azienda mecatronica ante-litteram e pertanto da sempre, per sua stessa natura, multi-disciplinare.

Ciò trova fondamento nel mix di competenze che l'azienda ha dovuto coltivare al proprio interno, per servire da un lato clientela che produce componentistica meccanica di precisione e contemporaneamente impiegare, in modo trasversale, tecnologie meccaniche, elettroniche ed informatiche, che trovano la loro sintesi finale nello sviluppo di una vasta gamma di prodotti e di applicazioni.

Nell'arco della mia carriera, durante la quale ho ricoperto diversi ruoli di responsabilità, sia di tipo commerciale, come presidente di Marposs Giappone e dell'area Far East, ed in seguito come direttore corporate del settore tecnico-produttivo del gruppo, ho vissuto direttamente la transizione analogico-digitale negli anni '80 e successivamente l'apertura a nuove tecnologie di misura (soprattutto di natura ottica) e di monitoraggio dei processi produttivi, fino ad occuparmi di attività di M&A nell'ambito della politica di diversificazione ed espansione del gruppo.

Recentemente sono entrato a far parte, in qualità di socio, di Italian Angels for Growth, il principale club di *business angels* in Italia.

La multidisciplinarietà nell'innovazione e nell'industria. Il mio convinto interesse verso un approccio multidisciplinare nella formazione dell'ingegnere, già consolidato durante la mia lunga carriera in Marposs, si è ulteriormente rafforzato nell'ambito della mia presente occupazione di *business angel*, che mi consente di venire a contatto con startup innovative provenienti da vari settori scientifici e tecnologici.

All'interno di quello che viene definito "ecosistema" delle startup e degli istituti che ne sostengono le fasi iniziali dalla creazione all'accesso ai finanziamenti pubblici e pri-

vati, si è infatti ampiamente diffuso il concetto di *Open Innovation*, come modello di innovazione secondo il quale le imprese, per creare più valore e competere meglio sul mercato, non si potranno più basare soltanto su idee e risorse interne come in passato, ma dovranno attingere anche a strumenti e tecnologie esterne, come startup, università, istituti di ricerca, fornitori e consulenti.

Se da un lato il vantaggio del modello open innovation risiede principalmente nella riduzione dei rischi di innovazione e di R&S, vanno però tenuti in conto maggiori costi di coordinamento e di gestione delle risorse. È proprio in questo senso che il compito dell'ingegnere nell'industria sarà sempre di più rivolto a facilitare l'integrazione dei contributi di competenza interni ed esterni all'impresa, non soltanto nel caso rivesta un ruolo manageriale, per sua natura trasversale, ma anche come portatore di conoscenze specialistiche verticali.

L'esempio più significativo ed attuale di innovazione aperta nel settore produttivo trova la sua applicazione nel concetto di Industria 4.0, ovvero di fabbrica digitale, dove si afferma la stretta connessione e il coordinamento tra risorse informatiche e fisiche, realizzando ciò che viene definito un sistema cyber-fisico.

Si pensi all'impatto profondo che le nuove tecnologie digitali avranno nell'ambito di diverse direttrici di sviluppo, che vanno dalla raccolta dati (sensoristica, *big data*, IoT, *machine to machine*, *cloud technology*), all'analisi dei processi (attraverso AI, *machine learning*), all'interazione uomo-macchina (HMI, realtà virtuale, realtà aumentata) e infine alla conversione mondo virtuale-mondo fisico (manifattura additiva, robotica avanzata).

In questo senso non vi è dubbio che la fabbrica digitale, oltre che esigere infrastrutture sempre più efficienti e veloci, comporti cambiamenti radicali nei modi di lavorare e quindi richieda al sistema dell'istruzione nuovi obiettivi e modalità formative.

La condivisione delle conoscenze, dei linguaggi e delle metodologie proprie delle diverse discipline, a partire dalla fase di progettazione fino ad arrivare alla produzione ed alla successiva commercializzazione, è l'elemento essenziale per realizzare soluzioni innovative e di qualità nei tempi, sempre più brevi, richiesti dai mercati.

La multidisciplinarietà nella formazione dell'ingegnere. Alla domanda di quali possano essere modifiche ed aggiornamenti nelle metodologie di insegnamento dell'Ingegneria, per affermarne il ruolo di disciplina trasversale e multidisciplinare, non penso sia possibile fornire una semplice ed univoca risposta, ma si dovrà probabilmente agire su più direttrici.

L'approccio tradizionale è quello di fornire prospettive diverse all'interno di un percorso formativo offrendo contributi di base e specialistici, lasciando però al singolo la sintesi tra multidisciplinarietà e competenze specialistiche.

Un nuovo approccio potrebbe essere quello di considerare la multidisciplinarietà come parte integrante di qualunque materia, mettendo in luce le possibili interazioni con altre discipline, come in pratica risulta evidente nello sviluppo dei progetti.

A titolo di esempio, una base comune di conoscenza delle tecnologie digitali, in particolare nel campo delle telecomunicazioni, potrà costituire un elemento fonda-

mentale per rendere possibili le interconnessioni tra le diverse discipline, come indicato da Industria 4.0.

In aggiunta l'ingegnere, qualunque sia la posizione che occupa all'interno di una organizzazione, dovrà avere sempre maggiore consapevolezza dell'intero processo che sottende alla realizzazione di un progetto, in ambito industriale come anche in attività di R&S.

Non vi è dubbio che il tema della collaborazione fra università ed imprese assumerà una importanza sempre più strategica per l'innovazione e per lo sviluppo del paese, innescando un processo virtuoso che consenta alle aziende di assumere giovani risorse, non solo dotate di una solida preparazione accademica, ma anche capaci di portare un contributo originale ed innovativo, in sintonia con i piani di miglioramento e di sviluppo del business aziendale. A questo fine, un dialogo costante tra università ed imprese è elemento fondamentale per definire piani formativi specifici per i vari percorsi degli studenti.

Gruppi di lavoro finalizzati alla realizzazione di progetti innovativi, come ciò che è stato realizzato in UniBo, con il progetto Motorsport supportato dalla fondazione Ducati, ed in UniMoRe, con i progetti di sviluppo di auto ibride e a guida autonoma, costituiscono uno strumento molto efficace per la creazione di una forte consapevolezza interdisciplinare nei singoli membri del team.

Un altro aspetto che vorrei sottolineare e che personalmente ho sempre constatato essere di primaria importanza è che non vanno allenate e accresciute solo le competenze tecniche, ma sempre maggiore enfasi va data alle abilità relazionali, che nelle organizzazioni diventano competenze abilitanti per far fruttare appieno il talento dell'ingegnere, in chiave di crescita in senso manageriale, ma non solo.

L'ingegnere, all'interno di una organizzazione, per poter sviluppare la propria giusta e doverosa ambizione, deve essere formato al pensiero multidisciplinare e, parallelamente, relazionale.

A tal fine anche l'introduzione nel corso di studi di alcune materie di carattere umanistico, rivolte proprio allo sviluppo delle capacità relazionali dell'individuo, potrebbe essere di aiuto per accelerare il processo di apertura al nuovo mondo dell'innovazione.

C. Tosti: Affronto il tema dell'esigenza della multidisciplinarietà nella preparazione degli ingegneri nella veste di titolare di due società di ingegneria che occupano complessivamente un'ottantina di persone.

Conseguita la laurea in Ingegneria meccanica, mi sono appassionato a quella che viene definita "meccanica fredda", e sono stato un progettista di macchine automatiche. Dopo una decina d'anni da dipendente, insieme a quello che sarebbe diventato il mio socio, abbiamo dato vita ad un'attività in proprio nell'ambito della consulenza. Oggi all'attività principale, affianchiamo anche la partecipazione ad alcune interessanti startup.

Alle competenze tecniche proprie di un ingegnere industriale, ho dovuto affiancare negli anni quelle economico/finanziarie, gestionali e legali, e oggi la mia attività è fatta prevalentemente di relazioni.

Tuttavia, non mi ritengo multidisciplinare; al più posso essere identificato come un ingegnere versatile. I miei collaboratori sono invece multidisciplinari. E un paio di esempi saranno chiarificatori.

Un'azienda leader nella costruzione di macchine automatiche ci ha coinvolto nel progetto e nella realizzazione di una macchina che dovrebbe rappresentare un modello di rottura per il mercato di riferimento.

L'obiettivo è quello di introdurre tecnologie innovative in un mercato maturo, liberi dal condizionamento dalle consuetudini.

Per raggiungere lo scopo, la responsabilità del progetto è stata affidata ad un nostro (brillantissimo) collaboratore, che ha competenze trasversali e un approccio multidisciplinare, privo dei condizionamenti e preconcetti che derivano in genere da una esperienza consolidata nel settore.

L'azienda ha messo a disposizione un gruppo di specialisti a supporto: un progettista meccanico, un progettista software, e il responsabile del montaggio e collaudo della macchina.

Questo modello di lavoro si ripresenta frequentemente nelle nostre attività: le competenze specialistiche su processi e prodotti appartengono all'azienda, e ne costituiscono il *know-how*. L'azienda si rivolge all'esterno quando ha bisogno di avere una visione più ampia del progetto.

L'elevata specializzazione raggiunta da ogni campo disciplinare genera difficoltà nell'affrontare problemi complessi. Problemi che possono essere affrontati, mettendo in relazione tra loro conoscenze e metodologie che appartengono ad ambiti differenti.

E questo è proprio l'approccio multidisciplinare, che si concretizza in una strategia comune attraverso la quale le diverse discipline affrontano una situazione. Il principale vantaggio di questo approccio risiede nel fatto che scompone le discipline ed evita il dogmatismo.

Ed ecco il secondo esempio significativo.

Tra le altre cose, da un anno sono amministratore di una startup che sta sviluppando il prototipo di una protesi ossea rigenerativa.

Senza entrare troppo nel dettaglio, una protesi tradizionale prevede la rimozione e la sostituzione, parziale o integrale, di un osso. Questa protesi rigenerativa ha invece lo scopo non di rimpiazzare l'osso, ma di supportarlo, consentendone la rigenerazione.

L'idea del dispositivo nasce da un clinico ortopedico. Ma le fasi di studio, di caratterizzazione e di validazione, sono tutte state realizzate da una squadra di ingegneri. Meccanici. Se è scontato immaginare che un ingegnere meccanico abbia le conoscenze tecnologiche sufficienti a scegliere materiali biocompatibili per la protesi, non è altrettanto scontato che si intenda di fibre nervose nocicettive, oppure che sappia cos'è un osso subcondrale e metaepifisario.

Sulla base di queste conoscenze si ricostruisce il modello digitale di un osso, costituito da un materiale fortemente disomogeneo ed anisotropo.

E su questo modello si definiscono condizioni di carico determinate da anatomia e studio della dinamica del movimento umano.

Alle conoscenze tecniche proprie dell'ingegnere meccanico si devono quindi affiancare conoscenze non banali di anatomia e medicina.

Ma non è solamente una questione di conoscenze. Altrimenti si risolverebbe facilmente facendo ricorso ad una squadra di specialisti. Come già detto, si tratta di affrontare problemi complessi con l'approccio alla soluzione di problemi proprio di discipline differenti.

Le conoscenze hanno una data di scadenza. Se si pensa alle innovazioni tecnologiche che hanno preso piede a livello industriale negli ultimi trent'anni, è evidente che il bagaglio di conoscenze con cui ho terminato il mio corso di studi non sarebbe più attuale. È necessario aggiornare e rinnovare continuamente le proprie competenze. Quello che non scade è invece l'approccio ai problemi, che è proprio dell'insegnamento ingegneristico.

Avendo avuto l'opportunità di lavorare nell'ambito dell'elettronica industriale, siamo stati "contagiati", e abbiamo costituito due anni fa un'altra startup che realizza sensori in ambito IoT (*Internet of Things*). Ora quindi assumiamo ingegneri meccanici la cui figura è decisamente differente rispetto alla immagine scolpita nell'immaginario collettivo: oltre ad aver studiato il nocciolo centrale di inerzia e l'analisi cinematica inversa, conoscono anche la tecnologia *blockchain*.

Per concludere, la percezione personale è che sia molto più importante una adeguata apertura mentale, che si concretizza in un approccio multidisciplinare, piuttosto che una decisa specializzazione.

E la conferma è nel fatto che i giovani laureati con cui ho avuto la fortuna di collaborare in questi ultimi anni, hanno superato brillantemente temi in cui non avevano particolari esperienze, forti non delle nozioni, ma di un approccio sistematico ad affrontare problemi differenti.

E. Sangiorgi:

Domanda. Volevo richiamare tre questioni emerse in questo colloquio che si riallacciano ad aspetti che l'Università di Bologna ha affrontato in questi anni. Il primo è quello delle *soft skills*: molti dei relatori hanno esaminato un problema storico, ovvero i nostri studenti sono poco abituati tradizionalmente a lavorare in gruppo e a esternare e comunicare con l'ambiente esterno. Nell'università negli ultimi anni abbiamo implementato corsi di *soft skills* che oggi sono obbligatori, e devo dire che sono iniziative particolarmente utili nel campo dell'Ingegneria. Ma non è stato semplice far capire al nostro ambiente quanto sia più importante una *soft skill* rispetto a un corso di turbine 5 a cui i nostri colleghi sono molto affezionati. Oggi abbiamo una regola cui tutti i Corsi di Laurea devono ottemperare, ovvero dare agli studenti un panorama di *soft skills* che si esplica in circa 20 insegnamenti diversi nell'Università di Bologna. Sempre per quanto riguarda questo tema della multidisciplinarietà, insieme al collega Andrisano, come Rettore di Modena, abbiamo condiviso un'esperienza interessante che è quella di Muner. Muner è il nome di un'associazione che ha messo insieme le 4 università dell'Emilia-Romagna e 10 aziende dell'*automotive*, in particolare segmento premium e corse, per la creazione di lauree magistrali in Inglese, Ingegneria meccanica, elettrica ed elettronica, specializzate e con

un approccio di coprogettazione insieme alle aziende per preparare ingegneri futuri per questo tipo di aziende. Ci siamo resi conto, parlando con i colleghi delle aziende, che nel mondo dell'*automotive* moderno, la multidisciplinarietà, realizzata con i tempi e modi che abbiamo a disposizione (2 anni di magistrale), viene fornita. L'ingegnere richiesto oggi è un ingegnere sistemista. La terza considerazione è relativa al ruolo dell'ingegnere, al 3+2 e alla domanda se gli ingegneri siano molti o pochi. Io credo che il paese abbia bisogno di decine di migliaia di tecnici che devono ricoprire molti ruoli diversi, dall'AD della grande azienda fino a quello che una volta era il perito industriale, perché oggi le nostre scuole secondarie non producono personale umano in grado di lavorare in aziende tecnologicamente evolute. Sono convinto che l'Università debba essere più coinvolta nella progettazione delle lauree a indirizzo professionale che sono la vera implementazione del 3+2, perché liberano la triennale per essere una vera triennale culturale e far sì che le materie di base, che sono fondamentali, continuino a mantenere la profondità tradizionale. Nello stesso tempo abbiamo bisogno di figure che in 3 anni siano pronte a lavorare con aziende che in futuro possano pensare a un'evoluzione della loro posizione. Su questo l'università di Bologna è molto avanti, e ha fatto cose egregie proprio con Marpos: oggi abbiamo 5 lauree professionali e questo è un messaggio importante: esistono molte possibilità di lavoro che non sono solo quelle dell'ingegnere quinquennale e le aziende sono affamate di tecnici di quel tipo.

A. Andrisano:

Risposta. Io ricordo l'esperienza dei diplomi universitari negli anni '90 che secondo me era eccezionale, perché era parallela al classico percorso universitario. Sono falliti perché lì si voleva fare a costo zero, non c'erano risorse, ma quella era la strada giusta perché garantivano la multidisciplinarietà per il classico percorso universitario. I diplomi avrebbero garantito le figure intermedie coinvolgendo nella loro formazione le aziende. Muner è un caso, che se continua, sarà sicuramente di grande successo.

Brevi note biografiche dei panelist

Angelo O. Andrisano

Laureato in Ingegneria Meccanica nel 1973, assistente e poi Professore Associato di Meccanica Applicata alle Macchine nell'Ateneo di Bologna, Ordinario di Disegno Tecnico Industriale dal 1990 nell'Università di Modena e Reggio Emilia, è stato rettore dell'Ateneo dall'1/11/2013 al 31/10/2019 ed è Professore Emerito dal 1/11/2019.

Autore a tutt'oggi di circa 150 pubblicazioni scientifiche, ha operato nei settori della Meccanica Applicata (Lubrificazione e Tribologia, Trasmissioni), delle Macchine Utensili, della Biomeccanica (collaborazione con gli Istituti Ortopedici Rizzoli di Bologna), del Disegno e Progettazione di Macchine e dell'Automazione Industriale e Robotica. Altro settore di ricerca è quello dei Metodi Innovativi dell'Ingegneria.

Fino all'assunzione dell'incarico di Rettore, a partire dagli anni 2000, anche nella sua veste di Direttore del Dipartimento di Ingegneria Meccanica, è sempre stato responsabile di sede nei rapporti con la Regione Emilia-Romagna per la ricerca industriale applicata. Ha ottenuto numerosi finanziamenti nell'ambito del PRRIIT regionale per l'attivazione dei laboratori e per lo svolgimento di studi e ricerche in collaborazione con le imprese.

Già responsabile del progetto Simech (Simulazione Meccanica), del laboratorio LAPIS (Progettazione Industriale e Simulazione), ha collaborato alla creazione del Tecnopolo di Modena (è stato consigliere della Fondazione Democenter Sipe) e del Centro Interdipartimentale INTERMECH MORE di cui è stato direttore.

È stato referente di Ateneo per la "Fabbrica Intelligente" nell'ambito del bando ministeriale "Cluster Tecnologici".

Francesco Bassoli

Education & credentials: Laurea in Chemical Engineering (1995) University of Bologna; Executive Finance Master (2018) Carnegie Mellon University; IDM Business School (2018) Lausanne.

Executive Profile: Results oriented, senior executive with experience in manufacturing, supply chain, procurement and sales utilising a global mindset to drive profitability and growth. Solid track record of performance in margin improvement, organization restructuring, mergers, divestitures and integrations. Visionary strategic and integrative thinker, able to analyse opportunities and generate new ideas and initiate change. Strong team building skills with the ability to lead cross functional teams and deliver on short term objectives, with proven capability to grow talents and turn organizations.

Core qualifications: Leadership supply chain commercial strategy, Digital transformations end 2 end transformations metals, Supply chain sustainability cost reduction risk management.

- Amcor from Jan 2021 - Global Leader in Packaging, 50k employees, and 14 B\$ revenue in 2020 – Vice President (Zurich).
- Alcoa Inc. now Alcoa Corporation 2001 to 2020 – Chief Supply chain Officer (Geneva), Chief procurement Officer (Pittsburgh), VICE President Global shared services Europe (Geneva), Vice President Marketing and Sales Europe (Geneva), Global Director Strategy Raw materials (Geneva), Raw materials Europe& Global Commodity Manager (Rome).
- Eni SpA (Jun 1995 to Jan 2001) – Project manager (Milan), Senior Process Engineer (Grangemouth, UK), Process Engineer (Ravenna).

Sonia Bonfiglioli

Cavaliere del Lavoro, Ingegnere meccanico, sposata, 2 figli.

Imprenditrice, MBA presso Profingest (ora BBS), AMP – Advanced Management Program – presso IESE, Certificate in Finance conseguito alla London Business School, è Presidente del Gruppo Bonfiglioli.

Figlia dell'imprenditore Clementino Bonfiglioli, fondatore del Gruppo, è cresciuta accompagnando tutti i passi del padre ed ha imparato ad amare l'azienda e a voler dare continuità al suo percorso entrando nelle sue dinamiche fin dal 1982, anno in cui è stata nominata per la prima volta membro del Consiglio di Amministrazione della società.

Nel 1992, al termine del percorso accademico, si è dedicata completamente all'azienda. Grazie alla sua visione strategica, ha guidato l'azienda in una più vasta dimensione internazionale, promuovendo investimenti allo sviluppo di nuove società in Italia e all'estero, mettendo le basi per la costruzione di stabilimenti in India, Slovacchia, Vietnam, Cina, USA e Brasile.

Nel 2008 è stata nominata Amministratore Delegato e nel 2010, dopo la morte del padre, è diventata Presidente del Consiglio di Amministrazione.

Fondato a Bologna nel 1956, oggi il Gruppo Bonfiglioli è presente in oltre 80 paesi in 5 continenti, con 20 filiali, 15 stabilimenti produttivi ed oltre 4000 dipendenti nel mondo.

Attualmente ricopre le cariche di:

- Presidente del Gruppo Bonfiglioli. Presidente o membro del Consiglio di Amministrazione di società controllate dal Gruppo (filiali e stabilimenti produttivi in Italia e all'estero).

- Membro del Consiglio di Amministrazione di Umbragroup SpA.
- Vice Presidente Confindustria Emilia.
- Membro Comitato Scientifico di Nomisma.
- Consigliere Comitato Leonardo – Italian Quality Committee.
- Membro del Consiglio Direttivo del Gruppo Emiliano Romagnolo Cavalieri del Lavoro.

Pietro Cassani

Pietro Cassani, born in 1968, is the CEO of the Marchesini Group.

After graduating with honours in mechanical engineering at the University of Bologna and achieving a Master in Business Administration at SDA Bocconi School of Management in Milan, he started his career in Sacmi Imola as an Area Manager (1995-1999).

From 2000 to 2003 he was managing director at Atlas Concorde in Spezzano di Fiorano (Modena). From 2003 to 2006 he was CEO and general manager at System Group in Fiorano Modenese. In 2006 he returned to Sacmi Imola – a company that controls various industrial areas, from tile manufacturing machines and plants to the beverage, food packaging and food processing industries – as general manager of the Whiteware Division.

In 2008 he became the general manager of Sacmi Imola. From 2008 to 2012 he was Chairman of ACIMAC – Association of Italian Manufacturers of Machinery and Equipment for Ceramics – and general manager of Sacmi Group from 2009 to 2016. He has been a board member of BPER Bank since June 2016 and of the Research and Technological Innovation Centre (CRIT).

In December 2016 he was appointed CEO of the Marchesini Group S.p.A.

Sergio B. Guarro

Aerospace Fellow, The Aerospace Corporation. Sergio Guarro applies his expertise in systems engineering, risk assessment and management, and mission assurance disciplines, developed and sharpened in the course of a multi-decade, rewarding career in the nuclear and space industries, to the development, coordination and pilot implementation of processes for which the Aerospace Systems Engineering Division has technical ownership and responsibility.

The application of such expertise has resulted in the development of risk and mission assurance methodologies and evaluations for space systems and missions, characterized by the coexistence of aerospace and nuclear energy features.

His risk methodology and assessment work has been critical to the launch approval process for the NASA, Jet Propulsion Laboratory (JPL), and Applied Physics Laboratory (APL) missions carrying on board Radioisotope Power Generator (RTG) electric power sources of nuclear origin (plutonium radioactive decay).

Guarro is one of the authors of the NASA Probabilistic Risk Assessment (PRA) Procedures Guide for Managers and Practitioners and a contributing author of the NASA Risk Management Handbook. He has also been recently participating in a NASA Ames sponsored project for the safety-and-risk-scenario-based validation and verification of Unmanned Aerial Systems (UAS) model-based control systems and software. Besides the above-cited instructional and guidebook materials produced for Aerospace and for U.S. Government customers, the work produced by Sergio Guarro over the course of his career is documented in a body of open literature publications whose number is currently approaching the one hundred mark.

Massimo Majowiecki

Laureato in Ingegneria Civile presso l'Università di Bologna nel 1969.

Principali esperienze professionali:

1987, Atene (Grecia), Palazzo dello sport, Progettazione strutturale esecutiva; 1990, Roma, Copertura dello Stadio Olimpico, Progettazione strutturale preliminare, definitiva ed esecutiva; 2010, Torino, Copertura del Nuovo stadio della Juventus, Progettazione strutturale preliminare, definitiva ed esecutiva; 2013, Atene, Copertura del nuovo stadio dell'AEK Atene, Progettazione strutturale preliminare, definitiva ed esecutiva; 2014, Al Samawah (Iraq), Copertura del nuovo stadio, Progettazione strutturale preliminare, definitiva ed esecutiva; 2020, Il Cairo (Egitto), Nuovo stadio, Progettazione strutturale preliminare, definitiva ed esecutiva.

2005, Roma, Nuova stazione AV Tiburtina, Progetto esecutivo; 2008, Roma, Centro Congressi EUR, Progettazione strutturale preliminare, definitiva ed esecutiva; 2011, Firenze, Nuova Stazione AV di Firenze, Progetto costruttivo; 2014, EXPO 2015, copertura dei percorsi del cardo e decumano, Progettazione strutturale e architettonica preliminare, definitiva ed esecutiva; 2015, Valenza, Nuova sede Bulgari, progetto strutture metalliche. 2006, Genova, Ponte stradale a due campate sul fiume Polcevera, Progettazione strutturale preliminare, definitiva ed esecutiva; 2007, Adige, Ponte strallato sul fiume Adige, Progettazione strutturale esecutiva 2007, Ponte ferroviario a doppia corsia a Korinthos, Progettazione strutturale esecutiva; 2016, Perth (AUS), Ponte pedonale sul fiume Swan.

Principali premi e riconoscimenti conseguiti:

1) Vincitore nel 1991 dell'European Award for Steel Structures (ECCS - European Convention for Constructional Steelwork) per la costruzione del "Nuovo Stadio delle Alpi", Torino. 2) Membro della "Academia Nacional de Ingenieria de la Republica Argentina", 2004. 3) Laurea Honoris Causa in Architettura, Università di Trieste, 2008.

Alberto Melloni

Nato a Bologna il 29/4/1950. Sposato, con due figli.

Si è laureato *cum laude* in Ingegneria Meccanica nel 1974, Università degli Studi di Bologna.

Principali attività:

1975-1976. Riva Calzoni SpA, Bologna, progettista di impianti idroelettrici.

1976. Marposs SpA, Bentivoglio (Bologna), ricercatore R&D.

1979-1980. Programma Europeo “Executive Training Programme” (ETP1) in Tokyo, Japan.

1981-1992. Amministratore Delegato di Marposs KK, Japan, e successivamente di Marposs Far East Ltd., Hong Kong, con responsabilità per la Regione APAC.

1992-2017. Marposs SpA come Direttore Corporate Engineering & Manufacturing e successivamente Direttore di Divisione Prodotto con responsabilità di sviluppo di nuovi settori di mercato.

2017-2020. Consulente Marposs per attività M&A.

2021 - presente. Socio di Italian Angels for Growth (IAG) la principale community italiana di *business angels*, imprenditori e corporate che condividono competenze, capitali e impegno per supportare l'innovazione e l'imprenditorialità.

Mauro Moretti

Nato a Rimini nel 1953, si è laureato nel 1977, con lode, in Ingegneria Elettrotecnica all'Università di Bologna ed iscritto all'Ordine degli Ingegneri dal 1978.

Principali Attività:

- Presidente di SACERTIS (Safe Certified Structure) Ingegneria dal 2021;
- CEO di PSC Spa (2021);
- Vice Presidente di Previndai (2017-2020);
- CEO e General Manager di Leonardo Spa (ex Finmeccanica Spa) dal maggio 2014 al maggio 2017. In quel periodo lanciò e portò a compimento un piano di ristrutturazione industriale e la riforma della organizzazione aziendale, trasformando il Gruppo Finmeccanica nella “One Company” Leonardo, tramite l'incorporazione di tutte le aziende operanti nel settore core business, Aereo Spazio Difesa e Sicurezza;
- Gruppo Ferrovie dello Stato Italiane (1978-2014) ove ricoprì numerosi incarichi, in più settori, tra i quali: Direttore della Divisione Sviluppo Tecnologico (1993); CEO di Metropolis Spa, società Immobiliare del Gruppo (1994); Direttore dell'Area Strategica di Affari Materiale Rotabile e Trazione (1995); Direttore dell'Area Strategica di Affari Rete Ferroviaria (1997) e CEO di RFI Spa, Rete Ferroviaria Italiana (2001). Nel 2006 fu nominato CEO di Ferrovie dello Stato Spa. Durante gli otto anni della sua leadership (2006-2014);
- Presidente della CER (Communauté Européenne du Rail) e Presidente dell'UIC (Union Internationale des Chemins des fer). È stato anche Presidente del CIFI (Collegio Ingegneri Ferroviari Italiani) e membro del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici;
- Professore incaricato all'Executive MBA della LUISS di Roma (2018-2020);
- Componente della Giunta e del Direttivo di Confindustria (2006-2017);
- Vice Presidente dell'Unione Industriali di Roma e di Napoli;
- Componente di Giunta e Consiglio Direttivo dell'Assolombarda (2007-2014);

- Segretario Nazionale FILT-CIGL (1986-1990);
- Sindaco di Mompeo (RI) (2004-2014).

Onorificenze:

Cavaliere dell'Ordine al merito della Repubblica Italiana nel 1995;

Laurea ad Honorem in Ingegneria Meccanica Università di Cassino nel 2005;

Manager dell'Anno, del Milano Finanza Company Awards 2008; Cavaliere del Lavoro nel 2010.

Antonio Nanni

After receiving his Laurea in Civil Engineering from the University of Bologna (1978), a M.Sc. and PhD both from the University of Johannesburg (South Africa) and the University of Miami, he worked at the Pennsylvania State University, the University of Tokyo, and the Missouri University of Science and Technology.

Dr. Antonio Nanni is a structural engineer interested in construction materials, their structural performance, and field application. His interests are in the fields of civil infrastructure sustainability and renewal.

Nanni chairs the University of Miami College of Engineering's Department of Civil, Architectural & Environmental Engineering (Miami, FL, USA), where he also is a professor and the inaugural Senior Scholar. He is also Professore Ordinario (since 2002), Dipartimento di Strutture per l'Ingegneria e l'Architettura at the Università di Napoli – Federico II, in Naples, Italy.

Nanni is the co-director of two federally funded centers: The National Science Foundation's Industry/University Cooperative Research Center for the Integration of Composites Into Infrastructure and the U.S. Department of Transportation's University Transportation Center for Research on Concrete Applications for Sustainable Transportation. He has advised more than 60 graduate students pursuing master's and doctoral degrees in the field, published more than 200 papers in refereed journals, published more than 320 papers in conference proceedings and co-authored two books. Nanni has maintained a balance between academic work and practical experience and has received several awards, including the 2019 Knight of the Order of the Star of Italy from the President of Italy; 2018 John B. Scalzi Research Award from The Masonry Society; ASCE 2017 Richard R. Torrens Award for outstanding performance as editor of JMCE; 2017 Outstanding Service Award, Florida Engineering Society; and 2016 Foreign Member, Accademia delle Scienze dell'Istituto di Bologna, Italy.

Matteo Pasquali

Matteo Pasquali is the A. J. Hartsook Professor of Chemical & Biomolecular Engineering, Chemistry, and Materials Science & NanoEngineering at Rice University (Houston, TX, USA), where he also serves as the Director of the Carbon Hub, and

previously served as Chair of the Chemistry Department, Co-Director of the Carbon NanoTechnology Laboratory.

After receiving his Laurea from the University of Bologna (1992) and PhD from the University of Minnesota (1999), Matteo joined Rice University in 2000 to start a laboratory on soft materials, which evolved into a key center for the scalable manufacturing and application of carbon nanotubes (CNTs) and graphene materials with enhanced mechanical, electrical and thermal properties.

The laboratory houses about 20 PhD students and postdocs and currently targets applications in wearables, energy transmission and harvesting, biomedicine, aerospace, and defense. These CNT materials are already incorporated into prototypes (field emitters, data cables) and high-end products (audio cables). Matteo has advised over 90 graduate students and postdocs, who are now in key positions in industry, academia, national laboratories, startups, and finance.

Matteo's work is funded by a wide range of industries ranging from international and national oil companies to automotive, aerospace, electronics, and high tech companies. Matteo founded two companies, DexMat (smart CNT materials) and NanoLinea (medical applications of CNT fibers). Matteo's work has been recognized by numerous awards, including the NSF CAREER, Goradia innovation prize, Schlack award for man-made fibers, and multiple NASA Tech Brief Awards. Matteo is an elected Fellow of the American Physical Society.

Carlo Tosti

Si è laureato in Ingegneria Meccanica all'Università degli studi di Bologna nel 1995.

Principali attività:

1996-2000: Sasib Tobacco SpA Bologna - Progettista Meccanico nel reparto Ricerca & Sviluppo, con particolare orientamento all'attività di calcolo, di analisi e sintesi di meccanismi per macchine automatiche.

2000-2003: Santoni Spa Brescia - Progettista Meccanico nel reparto Ricerca & Sviluppo, per la realizzazione di studi costruttivi di macchine tessili circolari.

2003-2004: Sasib Technologies Srl Bologna - Progettista Meccanico dedicato in prevalenza, nell'ambito del virtual prototyping, allo sviluppo di modelli di simulazione per lo studio approfondito di meccanismi per macchine automatiche.

2004-oggi: Socio e legale rappresentante di uno studio di consulenza nell'ambito della progettazione meccanica. Costituita nel 2004 come Tech Snc, nel 2007 è stata trasformata in Tech Srl che nel corso degli anni Tech ha dato origine a diversi spin-off: (1) nel 2011 costituzione di Mechanima Srl, spin-off per lo sviluppo di software di simulazione cinetodinamica; (2) nel 2015 costituzione di Oltre Srl, spin-off per la progettazione meccanica integrata all'interno della filiera Sinermatic (gruppo di aziende a partecipazione IMA SpA); (3) nel 2017 costituzione di Qu.Bo Srl, startup innovativa per la concezione, progettazione e realizzazione di prototipi e soluzioni nel settore della meccanica e mecatronica. La struttura è cresciuta attorno ai due soci iniziali, e ad

oggi le aziende del gruppo superano complessivamente i 70 dipendenti; (4) nel 2020 Tech Srl è socio costituente di Taua Srl, startup innovativa che opera nel settore dell'elettronica e realizza prodotti, sia per conto proprio che per conto di terzi, in ambito Iot (Internet of Things) e Wot (Web of Things); (5) nel 2021 Tech Srl è socio costituente di BoneARx Srl, startup innovativa che studia e sviluppa soluzioni innovative in ambito sanitario ed ortopedico.

Guido Vannucchi

Laurea in Ingegneria Industriale all'Università di Bologna nel 1958; "Master Science EE" alla Stanford University nel 1963; Libera Docenza in Comunicazioni Elettriche nel 1971; Laurea "ad honorem" in Ingegneria delle Telecomunicazioni, conferita dall'Università di Padova nel 1998 per i contributi scientifici e manageriali nel campo della trasmissione dei segnali.

Direttore Generale Telettra – dove ha iniziato dal 1960 nei laboratori – dal 1983 al 1990; "Senior Consultant" di Olivetti Telemedia, Direttore del progetto "Milano per la multimedialità"; Vice Direttore Generale della RAI dal 1994 al 1998.

Membro del Consiglio Superiore delle Comunicazioni dal 1990 al 2008 e Membro della Commissione ICT della Presidenza del Consiglio.

In successione, a partire dal 1989, Consigliere di Amministrazione del Politecnico di Milano; di Telital (azienda nel campo radiomobile), di Fastweb e dell'Agenzia Spaziale italiana ASI. Presidente Operativo di OTA-Italia 10 (organismo dell'Autorità per le Telecomunicazioni) dal 2008 al 2010. Docente alla Facoltà di ingegneria di Bologna in vari corsi sulle telecomunicazioni negli anni '60 e '70; Docente al Politecnico di Milano dal 1990 al 2013 in corsi di "Economia ed organizzazione aziendale" (7 anni) e poi di "Architetture per reti e sistemi multimediali". Autore di numerose pubblicazioni scientifiche e tecniche nonché di contributi sulla Ricerca nell'ambito economico e sulla formazione post-Universitaria.

Francesca Zarri

Nata a Bologna nel 1969. Si è laureata, con 100/100 in Ingegneria Mineraria, presso l'Università di Bologna; ha inoltre frequentato (1995) il Master MEDEA (Master in Management dell'Energia e dell'Ambiente) indirizzo Economia, di Eni.

Esperienze:

Nel 1997, viene assunta in Agip S.p.A nella Direzione Giacimenti come modellista e ingegnere di giacimento e nel 2000 ha lavorato sugli *asset* operati da Eni in Scozia (Mare del Nord).

Nel 2004, dopo il passaggio nella Direzione Ingegneria e Progetti, diventa responsabile dei progetti Off-shore Adriatico, presso il Distretto di Ravenna.

Nel 2006, ritorna ad occuparsi di pozzi e operazioni, divenendo responsabile della unità di Tecnologia di Ottimizzazione della Produzione.

Dal 2007 al 2010, si occupa di West Africa, nella posizione di Direttore dei Progetti in Congo in attività progettuali olio, gas e power.

Nel 2011, in ambito approvvigionamenti occuperà i ruoli di Responsabile della Regione Americhe. Nello stesso periodo, è rappresentante Eni nel Comitato Commerciale del Progetto South Stream.

Nel 2013, ritorna a seguire lo sviluppo dei progetti upstream come Vice President per il Coordinamento Tecnico ed il Monitoraggio dei Progetti West Africa e successivamente in Eni Congo come Direttore Progetti di Sviluppo dove assume anche la carica di Presidente della Scuola Enrico Mattei a Pointe Noire.

Nel 2017, viene richiamata in Italia a ricoprire il ruolo di Responsabile del Distretto Meridionale fino al novembre 2019, quando è nominata Senior Vice President Coordinamento Attività Italia.

Da aprile 2020, è Presidente di Eniservizi, Presidente e Amministratore delegato di SPI, rappresentante Eni presso Assomineraria. Sin dal 2014, è Consigliere in svariati CDA di società controllate Eni, italiane ed estere.

Dal luglio 2020 è Director Technology, R&D & Digital di Eni.

L'edificio per la Facoltà di Ingegneria dell'Università di Bologna

(da "Architettura", III, marzo 1936-XIV, pp. 97-118)

Giuseppe Vaccaro

La disposizione planimetrica data all'edificio ha permesso di non manomettere in nulla le magnifiche macchie di cedri che adornano il parco.

La disposizione dei corpi di fabbrica è a pettine. In ogni braccio del pettine si trova, ad ogni piano, una materia, con aula, studio del professore, dell'assistente, sala per modelli ecc. Ogni materia è quindi completamente indipendente dall'altra. Nel corpo di collegamento, disposto normalmente all'asse eliotermico, si trovano, oltre corridoi di disimpegno e i gruppi di gabinetti collocati fra i bracci laterali, le aule di disegno con orientamento N.N.E., munite di vetrate continue completamente apribili mediante uno speciale sistema, costruito dalla Ditta Curti di Bologna, che permette di raccogliere con manovra elettrica ad una estremità, ripiegata a libretto, l'intera vetrata della lunghezza di m 35. Al di sopra di tale vetrata è una fila di telai a Wasistas per l'aerazione parziale. L'illuminazione ed aerazione delle aule da disegno (i locali dove gli studenti sostano più a lungo) è quindi massima. L'insolazione che riuscirebbe fastidiosa ha luogo solo nelle primissime ore del mattino, quando gli studenti non occupano le aule. Nei periodi di stagione mite, mediante l'apertura completa delle vetrate, gli studenti lavorano in un vero e proprio terrazzo coperto, il che è reso ancora più gradevole dall'ubicazione panoramica e particolarmente salubre dell'edificio. Il riscaldamento delle aule da disegno è ottenuto a mezzo di aerotermini collocati in una canalizzazione che si trova al di sopra delle vetrate e precisamente nello spazio compreso fra le vetrate stesse e i pilastri portanti che sono da esse arretrati di circa un metro.

I tavoli da disegno sono metallici e manovrabili facilmente, sia per l'inclinazione che per l'altezza. Ogni tavolo è munito di propria lampada con presa di corrente nel pavimento. Lungo la parete opposta alle finestre sono disposti i mobili con i cassetti per i disegni (uno per allievo).

All'estremità Ovest del braccio di collegamento si trova l'ingresso principale della scuola, nelle vicinanze del quale sono collocati i locali amministrativi e rappresentativi. Nel primo braccio che fronteggia il piazzale d'accesso si trovano la direzione, segreteria, economato, ecc. nonché, ai piani inferiori, gli spogliatoi e la mensa per gli studenti. Nel primo tratto del braccio di collegamento è situato il vestibolo con scala e sopra l'aula magna e la sala del consiglio dei professori che è anche la sala di lettura della biblioteca. L'archivio di questa, (capace di oltre 60.000 volumi) è collocato in una torre alta 45 metri posta precisamente sull'ingresso e in diretto contatto con la sala lettura. La torre è munita di scaffalature metalliche a ripiani spostabili disposti in 12 piani dell'altezza di m 2,40 ciascuno (i volumi sono quindi accessibili senza uso di scalette o sgabelli). I piani sono disimpegnati da una scala metallica e da un

ascensore. La disposizione verticale dell'archivio evita che il bibliotecario debba percorrere lunghi tratti con pesanti volumi sotto il braccio.

La torre inoltre è utilizzata nel suo terrazzo superiore come osservatorio geodetico. Essa è illuminata da una serie di larghe finestre Nord, cui fanno riscontro a Sud piccole finestrelle allo scopo di stabilire correnti d'aria, evitando l'insolazione dannosa ai libri. La parete Est della torre è costruita in vetrocemento ed illumina la scala.

L'ingresso è preceduto da un'ampia pensilina in cemento armato, sostenuta da due pilastri nella parte anteriore. Nella costruzione di tale pensilina hanno servito da casseforme gli stessi elementi di rivestimento: camicia in similoro per i due piloni, lastre in marmo di Verona per il soffitto e il bordo della pensilina. A queste lastre sono state naturalmente applicate preventivamente le grappe.

L'ingresso di servizio dell'edificio si trova sul lato opposto (Est) in corrispondenza a una via secondaria. Il deposito di combustibili è collocato nel sotterraneo in posizione tale da rendere facile il rifornimento da questo ingresso.

Tutti i laboratori sperimentali, dotati quasi completamente di macchinari ed impianti nuovi, sono collocati al piano terreno e disposti in modo che ogni laboratorio viene a trovarsi in posizione planimetrica vicina a quella della relativa materia, cui è collegato con apposite scale. Notevole l'impianto idroelettrico sperimentale, creato utilizzando la collina retrostante il fabbricato, con un serbatoio di mc 70, condotta forzata con salto di m 30 ed altra condotta e recupero munita di pompa.

La capacità della scuola è di 300 allievi.

Tutto l'edificio è ad ossatura in cemento armato con disposizioni molto regolari ad interassi di 5 m, salvo naturalmente per alcuni locali di eccezionali dimensioni. Il blocco risulta suddiviso da quattro giunti di dilatazione; i pannelli di riempimento sono formati da una doppia parete di mattoni pieni con interposta camera d'aria; le fondazioni sono a trave rovescia armate; quelle della torre sono costruite da un solettone esteso mq 189; il carico è inferiore a 2 kg/cmq (furono eseguite preventive prove di carico).

La torre è stata calcolata con telaio a nove piani, con formule del Giannelli, derivanti dalle equazioni dei 4 e dei 6 momenti, e tenendosi conto dell'azione del vento, dell'azione termica e del ritiro del conglomerato; nella torre si è usato solo cemento tipo 600. I solai (complessivamente mq 17.200) sono del tipo misto in forati e calcestruzzo, nella maggior parte con soletta in laterizio, che è notevolmente antisonora; tutto l'edificio è coperto a terrazzo isolato termicamente da uno strato di 5 cm di sughero catramato, e protetto da un doppio strato di asfalto colato caldo. Tutti gli scarichi delle acque pluviali sono internati; alla sommità di ciascuno è disposto un elemento elettrico riscaldante per evitare la formazione di ghiaccio.

L'impianto di riscaldamento è a termosifone con circolazione accelerata: la potenzialità di 990.000 calorie ora a regime, sale a 1.393,000 nel periodo a pieno carico; esso è fornito di tre caldaie in lamiera di ferro e tubi bollitori ciascuna di mq 60 (una è di riserva) con bruciatore automatico capace di bruciare 160 kg di carbone al minuto, con vite trasportatrice e ventilatore; e apparecchio automatico della combustione e dell'aria sistema "Duostar". La circolazione è ottenuta con tre elettropompe centrifughe una delle quali funziona a corrente continua, in caso di interruzione di energia nella rete esterna (per 55.000-80.000 litri di portata oraria). I locali più vasti, o nei quali si richiede un funzionamento discontinuo dell'impianto, sono riscaldati per mezzo di termoventilatori silenziosissimi, che consentono anche la presa di aria fresca dall'esterno; complessivamente si hanno 41 gruppi aerotermici, con una potenzialità di 327 calorie ora; una superficie riscaldante (con radiatori) di mq 2.115 e ml 6.500 di tubazio-



La sede della Facoltà di Ingegneria di viale del Risorgimento progettata dall'architetto Giuseppe Vaccaro (foto degli anni '40).

ni. Gli ambienti della Direzione sono riscaldati con termoconvettori, protetti da griglia metallica. Anche gli impianti elettrici, segnalazione e telefoni, sono stati oggetti di accurati studi; la doppia rete di distribuzione di energia per luce e forza motrice parte da una propria cabina elettrica di trasformazione, per 250 kW. L'edificio copre mq 6.100 ed ha un volume a vuoto per pieno di mc 107.250; la superficie finestrata è di mq 3.950, con un rapporto medio 0,26.

Il costo si è aggirato sulle L. 80 al mc vuoto per pieno, fuori terra.

L'ubicazione della Scuola è veramente eccezionale. Essa sorge alle falde dell'amena collina dell'Osservanza, in un meraviglioso parco (ex Villa Cassarini) di oltre 75.000 mq, ricco di vegetazione secolare e da cui si gode a Nord il panorama completo della città e pianura, a Sud quello della collina.

Era problema fondamentale per il progettista dare ai locali interni il maggior possibile godimento e sfruttamento igienico di questo ambiente d'eccezione, nel tempo stesso non opprimerlo con architetture volumetricamente pretenziose. L'edificio munito di ampie vetrate si svolge con ritmo orizzontale, ed in masse chiare d'intonaco terranova, ed ha solo un'accentuazione verticale in corrispondenza dei locali di rappresentanza e culminante nella torre, accentuazione che trova una rispondenza nel ritmo delle piante conifere che circondano quella parte dell'edificio. La torre, tradizionale a Bologna, ripete, insieme alla zona basamentale dell'edificio, il consueto rivestimento in cortina di mattoni.

Lungo il prospetto Nord del fabbricato corre un largo ripiano orizzontale che collega i ritmi geometrici della costruzione a quelli accidentali del parco. Questo ripiano si espande in corrispondenza del cancello d'ingresso in un vasto piazzale percorso da una larga striscia pavimentata in litoceramica che collega il pedonale alla pensilina d'ingresso.

La costruzione si è iniziata nel dicembre 1933 e l'edificio si è inaugurato il 28 ottobre 1935. Attualmente esso è già in funzione.

Le direttive di massima furono date fin dall'inizio al progettista, con grande chiarezza, da S.E. il professore Umberto Puppini, allora Direttore della Scuola. La chiara impostazione iniziale dei problemi ha una importanza decisiva nei risultati di un'opera architettonica.

Il prof. Sartori, successo a S.E. Puppini nella Direzione della Scuola ha costantemente portato il suo sapiente contributo alla risoluzione di vari problemi.

La direzione dei lavori è stata tenuta dall'ingegner Gustavo Rizzoli, Capo dell'Ufficio Tecnico per gli Edifici Universitari, coadiuvato con intelligenza e solerzia dal giovane ing. Goffredo Riccardi.

Finito di stampare nel mese di settembre 2023
per i tipi di Bologna University Press