

Ingegneri & Ingegneria a Firenze

A quarant'anni dall'istituzione della Facoltà di Ingegneria

a cura di

ANDREA CORVI

GIOVANNI FROSALI

ENIO PARIS

GIUSEPPE PELOSI

ALESSANDRO VIVIANI

FIRENZE UNIVERSITY PRESS

2013

Ingegneri & Ingegneria a Firenze: a quarant'anni dall'istituzione della Facoltà di Ingegneria / a cura di Andrea Corvi, Giovanni Frosali, Enio Paris, Giuseppe Pelosi e Alessandro Viviani. – Firenze: Firenze University Press, 2013.

<http://digital.casalini.it/9788866554769>

ISBN 978-88-6655-475-2 (print)

ISBN 978-88-6655-476-9 (online)

Progetto grafico di copertina: Alberto Pizarro Fernández, Pagina Maestra snc
Immagine di copertina: Gabriella Migliore, Università di Firenze
Organizzazione dei testi e delle immagini: Leonardo Lucci, Università di Firenze

Certificazione scientifica delle Opere

Tutti i volumi pubblicati sono soggetti ad un processo di referaggio esterno di cui sono responsabili il Consiglio editoriale della FUP e i Consigli scientifici delle singole collane. Le opere pubblicate nel catalogo della FUP sono valutate e approvate dal Consiglio editoriale della casa editrice. Per una descrizione più analitica del processo di referaggio si rimanda ai documenti ufficiali pubblicati sul catalogo on-line della casa editrice (www.fupress.com).

Consiglio editoriale Firenze University Press

G. Nigro (Coordinatore), M.T. Bartoli, M. Boddi, R. Casalbuoni, C. Ciappei, R. Del Punta, A. Dolfi, V. Fargion, S. Ferrone, M. Garzaniti, P. Guarnieri, A. Mariani, M. Marini, A. Novelli, M. Verga, A. Zorzi.

© 2013 Firenze University Press
Università degli Studi di Firenze
Firenze University Press
Borgo Albizi, 28, 50122 Firenze, Italy
<http://www.fupress.com/>
Printed in Italy

Questo volume è pubblicato con il contributo del Dipartimento di Ingegneria Civile ed Ambientale, del Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione e del Dipartimento di Ingegneria Industriale dell'Università di Firenze.



INDICE

PRESENTAZIONE	XI
<i>Alberto Tesi</i>	
PREFAZIONE	XIII
<i>Andrea Corvi, Giovanni Frosali, Enio Paris, Giuseppe Pelosi, Alessandro Viviani</i>	
PARTE I	
CONTESTO E STRUTTURA	1
Introduzione alla Parte I	3
Le tradizioni dell'Ingegneria	5
<i>Giuseppe Francini</i>	
Gli studi di Ingegneria	9
<i>Gaetano Villari</i>	
Tracce del passato	17
Il Collegio Architetti e Ingegneri a Firenze	18
<i>Ferdinando Rossi</i>	
Il biennio propedeutico per l'avviamento agli studi di ingegneria nei documenti dell'Archivio Storico dell'Università di Firenze	22
<i>Vincenza Lombardo, Leonardo Lucci, Fioranna Salvadori</i>	
Villa Cristina sul colle di Montughi	31
<i>Luca Brogioni</i>	
L'ingegnere quantistico	39
<i>Massimiliano Pieraccini</i>	
'La Delibera' ovvero un racconto breve	41
Dal biennio al triennio degli studi di Ingegneria	45
L'offerta didattica della Facoltà di Ingegneria	51
<i>Marcantonio Catelani</i>	
La Facoltà in numeri	59
PARTE II	
ATTORI E PROTAGONISTI	69
Introduzione alla Parte II	71
Le strategie della Facoltà di Ingegneria. Intervista con i presidi	73
<i>Renato Giannetti</i>	
Lauree <i>honoris causa</i>	85

1978: Giovanni Sansone Laurea in Ingegneria Elettronica	85
1980: Nello Carrara – Laurea in Ingegneria Elettronica	89
1981: Giovanni Michelucci – Laurea in Ingegneria Civile	94
1996: Paolo Fresco – Laurea in Ingegneria Meccanica	102
2004: Jean Todt – Laurea in Ingegneria Meccanica	107
I professori emeriti	113
Nuove tendenze dei codici europei nella progettazione strutturale <i>Franco Angotti</i>	114
Un contributo per la crescita della ricerca elettronica a Firenze <i>Carlo Atzeni</i>	127
Immagini e comunicazioni digitali <i>Vito Cappellini</i>	137
Sistemi dinamici non lineari: una introduzione <i>Roberto Genesio</i>	147
Evoluzione del controllo adattativo nel quarantennio 1970-2010: dall'auto-sintonia nel continuo alla commutazione nel discreto <i>Edoardo Mosca</i>	152
I docenti	159
Tra gli ex-studenti	165
Associazione degli Alumni di Santa Marta <i>Francesco Grasso</i>	169
PARTE III	
LA FACOLTÀ DI INGEGNERIA ED IL TERRITORIO FIORENTINO	173
Introduzione alla Parte III	175
L'ingegneria ferroviaria e la navigazione inerziale <i>Benedetto Allotta, Paolo Toni</i>	177
La robotica sottomarina <i>Benedetto Allotta, Paolo Toni</i>	179
Progettazione aerodinamica avanzata applicata alla vela <i>Andrea Arnone, Andrea Schneider</i>	181
Studi e analisi del comportamento statico e dinamico di edifici monumentali <i>Gianni Bartoli</i>	184
L'archivio digitale di eccellenza per il Polo museale fiorentino <i>Vito Cappellini</i>	187
Tecnologie di comunicazione e ambienti intelligenti: una prospettiva di integrazione per una città sostenibile <i>Francesco Chiti, Romano Fantacci</i>	188
Il sistema 'point-at' a Palazzo Medici Riccardi <i>Alberto Del Bimbo</i>	191
L'ingegneria ferroviaria a Firenze nell'era del computer <i>Alessandro Fantechi</i>	194

Il ‘Progetto Arno’ <i>Angelo Freni, Dino Giuli</i>	197
Il trattamento delle acque e dei rifiuti nel contesto urbano fiorentino <i>Claudio Lubello</i>	199
Il contributo dell’automata allo studio dei sistemi ambientali in ambito regionale <i>Stefano Marsili Libelli</i>	201
Innovazione e progettazione nel settore delle macchine e dei sistemi <i>Francesco Martelli</i>	206
L’energia e le sfide delle nuove tecnologie energetiche <i>Francesco Martelli</i>	209
Identificazione e controllo dei ponti del Comune di Firenze <i>Salvatore Giacomo Morano</i>	212
I contributi dei sistemi distribuiti: dalla musica ai ‘social media’ <i>Paolo Nesi</i>	214
Ingegneria e radioastronomia ad Arcetri <i>Renzo Nesti, Gianni Tofani</i>	218
Progetto di fattibilità di un sistema di ‘micrometropolitana’ per la città di Firenze <i>Maurizio Orlando</i>	221
Il PC fiorentino <i>Franco Pirri</i>	224
POSTFAZIONE <i>Stefano Manetti</i>	227
RINGRAZIAMENTI	229
GLI AUTORI	231

Alla vigilia dell'Unità d'Italia Firenze è un promettente polo di studi politecnici, grazie all'esperienza del Corpo di Ingegneri di Acque e Strade, alla precocità delle costruzioni ferroviarie, all'importanza del settore minerario, alla solidità d'impianto dell'Istituto Tecnico Toscano. A differenza di ciò che accadde a Milano e a Torino, tuttavia, l'Istituto Tecnico Toscano non fu trasformato in un Politecnico deputato alla formazione degli ingegneri. Le ragioni di questo mancato sviluppo affondano nelle scarse propensioni 'industrialiste' del gruppo dirigente uscito vittorioso dalla 'rivoluzione pacifica' del 1859, nella volontà di autonomia rispetto al sistema scolastico nazionale costruito a norma della legge Casati, in una domanda locale di competenze ingegneristiche meno dinamica del previsto. Prevalsero così i venti di 'normalizzazione' insufflati dal governo, dalle università e dai più prestigiosi Collegi di Ingegneri. Tuttavia Firenze continuò a rappresentare un importante polo tecnologico, specie in rapporto alle infrastrutture ferroviarie, alle opere pubbliche, alle industrie metalmeccaniche (si pensi al Pignone e alla Galileo): ma fu solo a cent'anni dall'Unità che la città divenne sede di una Facoltà di Ingegneria.

[da F. Angotti, G. Pelosi, S. Soldani (a cura di), *Alle radici della moderna ingegneria – Competenze e opportunità nella Firenze dell'Ottocento*, Firenze University Press, Firenze 2010]

PRESENTAZIONE

Alberto Tesi

Rettore dell'Università di Firenze

In occasione dei suoi quarant'anni la Facoltà di Ingegneria propone la pubblicazione di questo libro al quale se ne affiancheranno altri tutti dedicati alla storia degli studi di ingegneria a Firenze a partire dalla istituzione dell'Università, avvenuta nel 1924, quando si avviarono anche i corsi del biennio presso la Facoltà di Scienze.

La Facoltà di Ingegneria a Firenze viene istituita nell'anno accademico 1970-71 con due corsi di laurea (Ingegneria Meccanica ed Elettronica) ai quali, nell'anno accademico successivo, si aggiungerà quello in Ingegneria Civile con le 3 sezioni: edile, idraulica e trasporti.

In quegli anni Firenze era uno dei poli industriali più importanti del nostro Paese ed era molto avvertita l'esigenza di poter contare su giovani con formazione adeguata.

Questo anniversario coincide con l'avvio della riforma universitaria che fra l'altro sancisce la soppressione delle Facoltà e l'istituzione delle Scuole: alla Facoltà subentra la Scuola di Ingegneria che prevede un ruolo più attivo dei Dipartimenti nell'organizzazione dell'offerta didattica.

È pertanto evidente che in un momento di così grande trasformazione strutturale dell'Università appare quanto mai importante riflettere e soffermarsi sulla storia, seppur breve, della Facoltà: conoscere da dove si viene per meglio impostare il futuro.

Con la citata riforma i Dipartimenti, già sede della ricerca scientifica, ora più grandi e più omogenei di un tempo, diventano i protagonisti dell'Università per l'accresciuta influenza che possono esercitare anche sull'offerta didattica. Si viene in tal modo a creare un più stretto legame tra offerta didattica e ricerca scientifica.

Questo nuovo modello organizzativo non mancherà, specie nell'area dell'ingegneria, di mostrare i suoi effetti in termini di sviluppo e di innovazione tecnologica con ricadute positive soprattutto nel contesto produttivo dell'area fiorentina.

Quaranta anni fa la Facoltà nasceva per preparare i tecnici richiesti dalle industrie, oggi la Scuola può costituire un importante fattore di sviluppo.

I nuovi Dipartimenti, a cui farà più direttamente riferimento la Scuola di Ingegneria, sono tre: il Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione, il Dipartimento di Ingegneria Industriale ed il Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale.

Sono previste, oltre alla pubblicazione di questo libro dal titolo *Ingegneri & Ingegneria a Firenze*, altre due pubblicazioni anche esse legate alla nostra Facoltà. In particolare verrà riprodotto – su concessione della Temple University che detiene il manoscritto originale e degli eredi – il libro di Enrico Fermi di *Meccanica Razionale*, contenente le lezioni da lui tenute, dal 1924 al 1926, al biennio propedeutico per l'avviamento agli studi di Ingegneria.

Infine è prevista anche la pubblicazione del libro *Onde elettromagnetiche* di Nello Carrara, che ha ottenuto – insieme a Giovanni Sansone, Giovanni Michelucci, Paolo Fresco e Jean Todt – una delle poche lauree *honoris causa* in ingegneria date dalla nostra Università.

Spero vivamente che queste pubblicazioni – che contribuiscono alla memoria degli studi di ingegneria nel nostro Ateneo – siano apprezzate anche dagli studenti che potranno così acquisire una maggiore conoscenza della Facoltà che hanno scelto per la loro formazione.

Desidero infine esprimere un sentito ringraziamento ai curatori e a coloro che hanno contribuito a vario titolo a questo libro.

PREFAZIONE

Andrea Corvi, Giovanni Frosali, Enio Paris, Giuseppe Pelosi, Alessandro Viviani

Università di Firenze

L'idea di questo volume nasce nel settembre del 2011, al momento di iniziare la riorganizzazione dell'Università voluta dalla recente riforma universitaria. Allora, alcuni docenti si chiesero come segnare la memoria della Facoltà di Ingegneria, a quarant'anni dalla sua istituzione e nel momento della sua transizione in una nuova dimensione (Dipartimenti e Scuola).

L'obiettivo iniziale, già abbastanza ambizioso, era quello di ripercorrere l'evoluzione della Facoltà nei suoi 40 anni, raccontandone e documentandone la storia accademica, raccogliendo in un volume ricordi e documenti di un periodo attraversato da mutamenti significativi. La curiosità ed il lavoro di ricerca degli editori e di tanti colleghi hanno allargato progressivamente l'orizzonte per recuperare non solo i contenuti della storia accademica, ma anche quelli della 'storia civile' della Facoltà, osservandone non solo il laborioso crescere, affermarsi e consolidarsi nell'Ateneo Fiorentino, ma rilevandone anche le relazioni con il contesto sociale ed economico (la città, la regione, il coinvolgimento nazionale ed internazionale) che circonda un soggetto collettivo significativo come la 'nostra' Facoltà di Ingegneria. E con questa dimensione progressivamente in crescita, si è dilatato anche il numero delle pagine di testo, per la necessità di esplorare e documentare ambiti ritenuti rilevanti ai fini di una conoscenza non banale di quanti attori hanno attraversato lo scenario della Facoltà e di quali fenomeni la Facoltà stessa è stata osservatrice e protagonista. In altre parole, dalla testimonianza ci siamo allargati ad un vero e proprio progetto di ricerca, approfondendo l'analisi sia sotto l'aspetto istituzionale sia con l'individuare alcune aree tematiche particolarmente rappresentative.

Così, l'obiettivo iniziale si è arricchito di una molteplicità di contenuti che ciascun capitolo declina con piacevole energia e che è difficile sintetizzare in un paradigma solo storico o celebrativo. Se pensiamo ai lettori di questo volume, pensiamo a coloro che vi ritroveranno il percorso della propria vita, a chi troverà qui le radici del presente e chi vi vorrà cercare le motivazioni per il futuro. Pensiamo così che questo modesto lavoro possa interessare tanto a chi ha trascorso la propria vita nella Facoltà e la trascorre ora nelle nuove strutture quanto a coloro che hanno attraversato la Facoltà come studenti ed a quelli che d'ora in avanti si troveranno di fronte Dipartimenti e Scuola.

Per mettere ordine negli argomenti trattati, abbiamo operato una distinzione in tre grandi filoni: le caratteristiche dell'istituzione (genesi, sviluppo e recente evoluzione), gli attori ed i protagonisti (i presidi, i laureati *honoris causa*, le lezioni magistrali, i docenti e gli ex-allievi) ed infine la trama delle relazioni con il sistema locale (con una molteplicità di veri e propri casi di studio, affrontati dai docenti della Facoltà in interazione con il territorio).

Ciascuna di queste parti, preceduta da una sintetica introduzione, è a sua volta articolata, per rendere più efficace l'esposizione, in sezioni e sottosezioni. I contributi nei quali non compaiono esplicitamente gli autori, sono scritti direttamente dagli editori.

Tutti i dati, comprese le affiliazioni di coloro che hanno contribuito alla stesura dei testi, sono quelle 'fotografate' alla data di pubblicazione del testo.

Il volume presenta molto materiale – spesso inedito come quello fornito dall'Archivio Storico sia del Comune di Firenze sia dell'Università di Firenze – che per la prima volta è stato raccolto nell'ambito di un unico progetto organico.

Un particolare ringraziamento va ai tre direttori dei dipartimenti dell'area dell'ingegneria, Andrea Arnone (Dipartimento di Ingegneria Industriale), Claudio Borri (Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale) ed Enrico Del Re (Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione), che hanno incoraggiato costantemente l'iniziativa.

PARTE I

CONTESTO E STRUTTURA



Lo Studio Fiorentino si trovava a Firenze nell'omonima via dello Studio al n. 1. Lo Studio era l'università aperta nel 1348 come *Studium Generale*, al quale papa Clemente VI concesse gli stessi privilegi di cui godevano le altre università. Nel 1734, nei locali dell'antico Studio, venne trasferita la sede del Collegio Eugenio.

INTRODUZIONE ALLA PARTE I

Questa parte è dedicata alla struttura della Facoltà ed al contesto nel quale essa si è sviluppata negli anni. È articolata in sei sezioni.

I primi contributi, contenuti nelle prime due sezioni, sono dei Presidi Giuseppe Francini (ordinario di Elettronica Applicata) e Gaetano Villari (ordinario di Applicazioni di Matematica per l'Elettronica), e sono ripresi da due articoli che gli stessi Presidi hanno pubblicato sui volumi *Storia dell'Ateneo Fiorentino* e *L'Università degli Studi di Firenze, 1924-2004* rispettivamente.

Segue una sezione molto particolare, *Tracce del passato*, che contiene alcuni brevi contributi di tipo storico, che sicuramente attireranno l'interesse e la curiosità del lettore.

La sezione 4 tratta la transizione dal biennio al triennio, giungendo fino ai giorni nostri, riallacciandosi ai contributi di Giuseppe Francini e Gaetano Villari. Segue la sezione 5, che entra decisamente nell'attualità, con la descrizione della più recente offerta didattica, importante perché interrompe la tradizione del ciclo unico dei corsi di laurea di ingegneria, che viene sostituita dal modello anglosassone di laurea e laurea magistrale.

Questa parte si conclude con un'analisi ed una sintesi efficace dell'evoluzione della dimensione della Facoltà negli anni, con la sezione 6: *La Facoltà in numeri*.

LE TRADIZIONI DELL'INGEGNERIA

Giuseppe Francini

[Il contributo è tratto da quello di Giuseppe Francini in *Storia dell'Ateneo Fiorentino*, vol. II, Ed. Parretti Grafiche, Firenze 1986, pp. 951-956. Le figure sono state introdotte dai curatori della presente pubblicazione]

La tradizione delle opere di ingegneria nel territorio fiorentino, come altrove, risale a tempi remoti: infatti la funzione dell'ingegneria di fornire mezzi tecnici atti a provvedere ai bisogni materiali dell'umanità è antica quanto la civiltà stessa. Invece l'insegnamento organizzato, ad alto livello, dell'ingegneria è recente in tutto il mondo e recentissimo a Firenze.

Testimonianze di costruzioni di altissimo livello sono distribuite nel territorio fiorentino attraverso un arco di tempo di due millenni ed oltre, a partire dai resti etruschi e dall'acquedotto romano, che stupisce ancora per la qualità dei materiali impiegati e per la grande precisione della pendenza, attraverso le grandi opere rinascimentali fino a recenti opere come lo stadio e la stazione ferroviaria.

Tuttavia tutte queste attività non ricadevano sotto uno specifico settore riconosciuto come ingegneria, tranne nei casi più recenti. Nei tempi più antichi gli Autori erano anonimi e in tempi successivi prendevano il nome di architetti, titolo già attestato da Erodoto per il costruttore dell'impianto idrico di una città. Il nome di ingegnere invece comincia a comparire verso il 1200 come costruttore di 'ingegni' e quindi prevalentemente con orientamento meccanico.

Il progresso delle tecniche era affidato più all'affinamento graduale attraverso procedure di prova e verifica, che non a sistematiche trattazioni di carattere teorico-sperimentale. Le attività di carattere utilitario, applicativo, si svolgevano al limite della magia oppure, per assicurare un uso sistematico, esse erano affidate a corpi speciali come ad esempio i Pontefici dell'antica Roma o i Maestri Comacini più tardi. Tali corpi impartivano l'insegnamento sotto forma di apprendistato assicurando: a) la trasmissione diretta delle cognizioni acquisite; b) l'uso appropriato di esse.

Tali compiti sono ancora oggi svolti in parte dalle associazioni di ingegneria e, rispettivamente, dagli enti di normalizzazione e controllo di qualità, ma una gran parte è stata assorbita dall'Università che, in quanto aperta a tutti e orientata alla ricerca, ha dato una forte accelerazione al progresso tecnico.

Beninteso non è che in passato, almeno in quello meno remoto, il progresso tecnico fosse affidato solo a metodi di prova e verifica: per la soluzione di problemi a più alto livello si faceva ricorso a studiosi la cui normale attività, a carattere più scientifico, può considerarsi meglio inquadrata nelle tradizioni di Facoltà diverse da quella di ingegneria. Si tratta di matematici e fisici che rivolgevano alla soluzione di problemi applicativi le capacità scientifiche già acquisite. Oppure compiti ancor più simili a quelli dell'ingegnere odierno erano svolti da architetti e disegnatori che riunivano in sé strettamente l'aspetto artistico con quello tecnico. Ancora oggi la lingua inglese, che crea facilmente nuovi termini per nuove cose, ma è restia ai cambiamenti non necessari, chiama disegno il progetto e dottore in filosofia (filosofia naturale) l'ingegnere al più alto livello.

L'insegnamento dell'ingegneria come attività pubblica organizzata, nasce da necessità militari in Francia, dove nell'intorno del 1700 viene organizzato in forma moderna il corpo del genio con la scuola relativa.

La distinzione dell'ingegnere civile sia dall'ingegnere militare sia dall'architetto, si chiarisce soltanto nel diciannovesimo secolo. Lo sviluppo e la qualificazione dell'ingegnere civile in senso generale vanno di pari passo con lo sviluppo industriale e si comincia a separare l'ingegnere industriale, particolarmente a seguito dello sviluppo della macchina a vapore. Comunque l'ingegnere tende a rimanere un pratico, di scarsa o nulla cultura scientifica. Stephenson, l'inventore della locomotiva a vapore e primo presidente dell'associazione degli ingegneri meccanici inglesi, era analfabeta almeno fino a 18 anni. La dualità tra il

metodo di prova e verifica e quello appoggiato alla ricerca teorica è ancora oggi in larga misura alla base della difficoltà di comunicazione che si riscontra tra la ricerca e la produzione industriale.

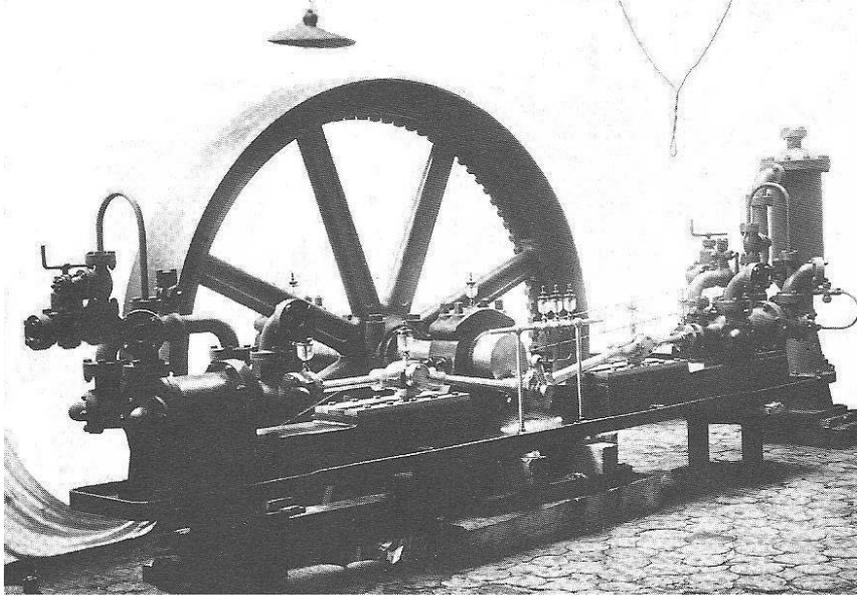
L'insegnamento dell'ingegneria moderna in apposite istituzioni pubbliche ha assunto veste precisa in Italia, sia in istituzioni di carattere militare, come la prestigiosa Accademia Navale di Livorno che ha dato un fondamentale contributo allo sviluppo dell'elettrotecnica e soprattutto dell'elettronica italiana, sia in istituzioni civili come i Politecnici di Torino e Milano, con cinque anni di corso, o come Facoltà universitarie di ingegneria che impartivano l'insegnamento in un triennio di applicazione preceduto da un biennio propedeutico, di carattere fisico-matematico, da seguire presso la Facoltà di Scienze (anche se in qualche caso si è avuto un triennio propedeutico seguito da un biennio di applicazione).

Le esigenze di insegnamento di ingegneria del territorio fiorentino sono state per lungo tempo coperte in massima parte dalle vicine e prestigiose Facoltà di ingegneria di Pisa e di Bologna, anche se alcuni studenti, per particolari orientamenti scelti o in vista di migliori occasioni di impiego, erano attratti da altre sedi, come i Politecnici di Torino e di Milano. Infatti il territorio fiorentino, pur vantando la presenza di industrie quali le Officine Galileo e le Fonderie del Pignone, presentava possibilità di impiego prevalentemente nel settore civile.

Soltanto nel 1924-25 con la creazione a Firenze del biennio fisico-matematico della Facoltà di Scienze, il corso di studi di ingegneria ha potuto esser seguito a Firenze per i primi due anni, con la necessità per gli studenti di passare successivamente alle sedi tradizionali. La creazione a Firenze di un triennio di applicazione non apparve allora opportuna in quanto gli studenti erano in numero limitato, dell'ordine di due decine, e quindi da un lato potevano essere facilmente ospitati nelle sedi esistenti, dall'altro non sarebbero state possibili o comunque economicamente convenienti le elevate spese per impianti tecnici necessarie per i corsi applicativi.



Giuseppe Francini [Firenze, 29 marzo 1916 – Padova, 15 dicembre 1986] – dopo essere stato congedato dal biennio propedeutico nell'a.a. 1935-36 presso l'Università di Firenze – si laureò in Ingegneria Industriale Elettrotecnica presso il Politecnico di Torino. Nel 1957 fu il primo ternato della prima cattedra bandita in Elettronica in Italia. Professore a Padova e poi a Firenze, è stato il primo Presidente della Facoltà di Ingegneria dell'Ateneo Fiorentino.



Compressore ad ammoniaca per impianti frigoriferi delle Fonderie del Pignone (1911) [M. Pacini, *La Fonderia del Pignone e gli ingegneri nella Firenze dell'Ottocento* in F. Angotti, G. Pelosi, S. Soldani (a cura di), *Alle radici della moderna ingegneria – Competenze e opportunità nella Firenze dell'Ottocento*, Firenze University Press, Firenze 2010, pp. 87-106].



Le Officine Galileo viste dall'ingresso di via Carlo Bini (1917) [R. Pratesi, *Dal Museo della Specola alle Officine Galileo: una ricostruzione cronologica* in F. Angotti, G. Pelosi, S. Soldani (a cura di), *Alle radici della moderna ingegneria – Competenze e opportunità nella Firenze dell'Ottocento*, Firenze University Press, Firenze 2010, pp. 107-120].

Deve peraltro essere rilevato che pur essendo comuni con altri indirizzi della Facoltà di Scienze, i corsi del biennio propedeutico presentavano al loro interno alcune diversificazioni per gli allievi ingegneri, atte a renderne la preparazione più idonea al proseguimento applicativo. In particolare tra gli altri illustri docenti il professor Giovanni Sansone soleva incontrare i suoi allievi, che si erano laureati in ingegneria nelle varie sedi, per trarne indicazioni sull'orientamento da dare al suo corso di analisi matematica.

Il biennio propedeutico di Firenze acquisì un elevato prestigio per la serietà della preparazione impartita dal corpo docente che si distingueva, non soltanto per l'alto livello scientifico, ma anche per l'impegno eccezionale nell'insegnamento, molto oltre quanto era previsto dall'ordinamento degli studi. Molti degli allievi ebbero modo dopo la laurea di distinguersi sia come docenti in varie Università italiane ed estere, sia come dirigenti e progettisti nell'industria.

Dopo l'ultima guerra mondiale la rapida crescita del numero degli studenti e le difficoltà logistiche del dopoguerra che rendevano difficile, anche dal punto di vista economico, il passaggio degli studenti ad altre Università per il completamento degli studi portarono ad una soluzione di emergenza e di rapida attuazione. Nacquero così nell'anno accademico 1944-45, i corsi bis di quelli della Facoltà di Ingegneria di Pisa gestiti a Firenze dall'Università pisana. La maggior parte dei professori di ruolo si spostavano settimanalmente da Pisa a Firenze: i professori incaricati e gli assistenti erano reperiti, quando possibile, a Firenze stessa. In questo modo il numero degli spostamenti di persone era piccolo e non occorre particolari spese per impianti per esercitazioni in quanto, quando non era possibile utilizzare ciò che esisteva localmente presso l'industria o presso istituti industriali era sempre possibile utilizzare la completa dotazione esistente a Pisa. Per lo svolgimento delle lezioni fu acquisita la sede di Santa Apollonia, successivamente rimasta all'Università di Firenze.

Successivamente i corsi bis si rafforzarono con la collaborazione dell'Università di Bologna, ma la soluzione adottata non poteva essere che transitoria ed i corsi si chiusero, col normalizzarsi della situazione, con l'anno accademico 1947-48, essendo ormai sostanzialmente superate le difficoltà che avevano portato ad adottare l'organizzazione dei corsi nella forma di corsi bis.

Tuttavia proprio in seguito alla ripresa economica il problema dell'insegnamento dell'ingegneria rinasceva in forma diversa come esigenza dell'istituzione di una regolare Facoltà fiorentina. Infatti Firenze, tradizionalmente città d'arte, si andava rapidamente arricchendo di attività tecniche multiformi, sia sotto l'aspetto scientifico, sia sotto quello industriale. Notevole importanza per lo sviluppo dell'elettronica a Firenze ebbe la creazione dell'Istituto di Ricerca sulle Onde Elettromagnetiche del CNR promosso e diretto per molti anni dal prof. Nello Carrara. Anche l'industria elettronica si sviluppava: oltre alla già esistente FIVRE, nascevano la OTE e la SMA, oltre a numerose altre ditte di minori dimensioni ma con notevole qualificazione, a volte a livello internazionale. Inoltre il numero di studenti rapidamente crescente negli anni sessanta, rendeva eccessivamente affollati i trienni e pertanto la creazione di nuove Facoltà si presentava come un modo di alleggerire la pesante situazione dei trienni esistenti.

In questo quadro nacque nella Facoltà di scienze di Firenze l'iniziativa per la creazione di una completa Facoltà di Ingegneria. Tale iniziativa trovò ampio consenso presso le autorità e presso gli ambienti economici, ma non può essere, taciuto l'entusiastico appoggio degli studenti che hanno contribuito in notevole misura alla continuità di sviluppo dell'iniziativa sostenendola con passione anche negli inevitabili momenti di difficoltà.

L'opera di programmazione portò ad individuare quattro settori di interesse che ben si collegavano alle attività economiche esistenti, o comunque alle necessità del territorio, in corrispondenza delle quali si prevedeva l'istituzione di quattro corsi di laurea: Ingegneria Meccanica, Ingegneria Elettronica, Ingegneria Civile e Ingegneria Chimica. L'opportunità di questa previsione è stata in seguito convalidata sostanzialmente anche fuori dal territorio fiorentino in quanto la si ritrova come criterio informatore in varie proposte di riforma delle facoltà di ingegneria italiane, anche se le denominazioni possono differire per tener conto di altri indirizzi esistenti, ad esempio alla laurea in elettronica della proposta fiorentina corrisponde una laurea più generale per tutto il settore elettrico.

Superata la fase di progetto e promozione e il necessario *iter* burocratico, si arriva alla costituzione del Comitato Tecnico incaricato di sovrintendere all'avviamento della Facoltà, procedendo in pari tempo all'avvio dei corsi. Il Comitato Tecnico, costituito dai professori Lucio Lazzarino, Ordinario di Costruzioni di Macchine presso l'Università di Pisa, presidente, Enzo Ferroni, Ordinario di Chimica Fisica presso l'Università di Firenze, Giovanni Serravalli, Straordinario di Elettrochimica presso l'Università di Palermo, tenne la prima riunione il 30/11/1970.

Il Comitato Tecnico curò l'avvio contemporaneo del triennio e del biennio distinto da quello della Facoltà di scienze; provvide, secondo le varie procedure richieste ad acquisire i docenti necessari per l'insegnamento ed in particolare gli Ordinari necessari per la costituzione del Consiglio di Facoltà: fu anche costruito in viale Morgagni un edificio contenente le ampie aule necessarie per il biennio e fu presa in affitto una parte del Seminario Minore di Santa Marta per le necessità del triennio.

[...]

GLI STUDI DI INGEGNERIA

Gaetano Villari

[Il contributo è tratto da quello di Gaetano Villari in *L'Università degli Studi di Firenze, 1924-2004*, pp. 741-753. Le figure sono state introdotte dai curatori della presente pubblicazione.]

[...]

Il biennio propedeutico a Firenze

Con la riforma Gentile del 1923 l'Ateneo fiorentino, istituito da Cosimo Ridolfi nel 1880, venne inserito nelle università statali¹ e successivamente, nel 1924, fu attivato il corso di laurea in Matematica nella Facoltà di Scienze Fisiche e Naturali, che assunse in tal modo la denominazione di Scienze Matematiche, Fisiche e Naturali.

Nasce così a Firenze il biennio propedeutico per l'avviamento agli studi di ingegneria, nel quale per l'Analisi Matematica (Algebraica e Infinitesimale) appare il nome di Giovanni Sansone, e per la Meccanica Razionale quello di Enrico Fermi².

Conformemente a quanto stabilito a livello nazionale, i corsi del biennio propedeutico di Firenze, oltre alle due Analisi e le due Geometrie (Analitica e Descrittiva), prevedevano gli insegnamenti di Meccanica Razionale, Fisica biennale, Chimica e Disegno ai quali, nel 1928, venne aggiunto anche quello di Mineralogia, e successivamente due prove di lingua straniera. I corsi erano ripartiti tra il primo ed il secondo anno con rigidi criteri di precedenza per i relativi esami, che avevano luogo in due sessioni (estiva e autunnale) consistenti ciascuna di due appelli³.

In un primo tempo, per molti insegnamenti, le lezioni per gli allievi ingegneri venivano tenute congiuntamente con gli studenti dei corsi di laurea in Matematica, Fisica e Chimica, salvo alcuni argomenti di particolare pertinenza che erano trattati separatamente alla fine dei rispettivi corsi. Comunque, il limitato numero degli iscritti⁴ consentiva un efficace rapporto diretto dei docenti con gli allievi e quindi, come testimoniato in quegli anni dal ridottissimo numero di fuori corso, veniva a stabilirsi una forma di insegnamento di particolare validità, di cui il merito va principalmente ascritto all'eccezionale attività scientifica e didattica di Giovanni Sansone.

Come è stato infatti rilevato⁵:

Il biennio propedeutico di Firenze acquisì un elevato prestigio per la serietà della preparazione impartita dal corpo docente che si distingueva, non soltanto per l'alto livello scientifico, ma anche per l'impegno eccezionale nell'insegnamento, molto oltre quanto era previsto dall'ordinamento degli studi. Molti degli

¹ In un primo tempo l'Università di Firenze fu inclusa tra quelle di Categoria B, che erano a carico del bilancio statale solo per il 50% e per il resto venivano finanziate da Enti locali e da istituzioni private. Solo nel 1937 l'Ateneo fu inserito nella Categoria A, e gestito totalmente dallo Stato. Ciò fino alle recenti disposizioni di Legge in tema di «autonomia universitaria», che hanno radicalmente modificato l'aspetto amministrativo degli Atenei.

² Fermi mantenne l'insegnamento a Firenze fino al 1926, anno in cui fu chiamato a ricoprire la cattedra di Fisica Teorica dell'Università di Roma.

³ Fino agli anni cinquanta, all'Università di Firenze, per essere ammesso a un esame lo studente doveva aver ottenuto dal docente del corso una firma di iscrizione, ed una firma di frequenza. Inoltre l'esame per una stessa materia poteva essere sostenuto solo due volte nel corso delle sessioni annuali.

⁴ Fino all'anno accademico 1934-35 il numero degli iscritti al primo anno non superava la quarantina, e quello del secondo anno la trentina, quasi tutti di sesso maschile. Le donne non superavano in genere le due unità, e la prima di esse figura nell'anno accademico 1932-33.

⁵ G. Francini, *Le tradizioni dell'Ingegneria*, in *Storia dell'Ateneo Fiorentino*, vol. II, Ed. Parretti Grafiche, Firenze 1986, p. 954.

allievi ebbero modo dopo la laurea di distinguersi sia come docenti in varie Università italiane ed estere, sia come dirigenti e progettisti nell'industria.

Alla fine degli anni trenta, con l'avvento delle leggi razziali, e con il successivo inizio della seconda guerra mondiale, la situazione nelle Università subiva radicali cambiamenti. Per favorire gli studenti soggetti ad obblighi militari veniva introdotto un appello 'straordinario' di esami a febbraio, inteso come prolungamento della sessione autunnale del precedente anno accademico⁶.

In quegli anni il biennio di Firenze contava un centinaio di iscritti (di cui una donna) e in special modo dopo l'armistizio del 1943 e la successiva occupazione tedesca del territorio italiano, venne a porsi il problema della difficoltà di spostamento degli studenti fiorentini verso le facoltà di ingegneria che, nella maggioranza dei casi, erano quelle di Pisa e di Bologna. Nel 1944-45 vennero allora aggregati al biennio dei 'corsi bis' delle Scuole di Applicazione tenuti a Firenze da docenti dell'Università di Pisa e successivamente da quelli dell'Università di Bologna.

La fine della guerra lasciò profonde ferite anche nel tessuto universitario, sia per il riordino del settore normativo, sia per i notevoli danni subiti dai complessi edilizi.

Va comunque rilevata la rapidità con la quale venne ricostituito a Firenze l'impianto didattico e scientifico del settore matematico, e quindi anche la piena funzionalità del biennio propedeutico.

Oltre all'apporto di Giovanni Sansone per l'insegnamento delle Analisi Matematiche, che costituivano il nucleo centrale della preparazione scientifica di base per i futuri ingegneri, il campo delle Geometrie era di pertinenza di Luigi Campedelli, la Meccanica Razionale di Bruto Caldonazzo e successivamente di Giorgio Sestini, e il Disegno di Lando Bartoli.

Nell'immediato dopoguerra le lezioni di Fisica si svolgevano ad Arcetri, la Chimica e la Mineralogia nel complesso di via Gino Capponi, e quelle del gruppo matematico al primo piano di un edificio che sorgeva in via Alfani, dove attualmente si trova la Facoltà di Lettere⁷. Queste ultime furono in seguito temporaneamente trasferite nei locali del Rettorato non ancora ristrutturato (ex-aula di Storia dell'Arte), e poi ospitate per un biennio presso la Facoltà di Magistero in via del Parione. Infine, nel marzo 1963 quando venne costruito l'Istituto Matematico 'Ulisse Dini', furono trasferite, assieme al Disegno, in tale sede.

È comunque da osservare che il numero degli studenti iscritti al biennio propedeutico andava via via aumentando in misura significativa e soprattutto, a causa dei sopravvenuti provvedimenti di 'liberalizzazione' per l'accesso alle Università⁸, aveva assunto dimensioni tali da rendere necessaria l'adozione di insegnamenti separati destinati ai soli allievi ingegneri.

Ne derivò inoltre che, per ovviare a problemi di spazio e di funzionalità didattica, si rese necessaria la costruzione di un prefabbricato (ora demolito) in viale Morgagni, dotato di sei grandi aule, ove ebbero luogo tutti i corsi afferenti al biennio propedeutico della Facoltà di Scienze, fino alla successiva costituzione della Facoltà di Ingegneria che sarebbe avvenuta nel 1971.

La Facoltà di Ingegneria

Come è stato già rilevato, a partire dagli anni '60 e soprattutto per effetto della Legge Capocaccia, il numero degli studenti che provenivano dai bienni propedeutici delle Facoltà di Scienze dei diversi Atenei aveva finito per assumere valori considerevoli, tali da provocare seri problemi per la funzionalità dei trienni di Applicazione, esistenti, a parte i due Politecnici, in solo nove sedi universitarie.

In particolare a Firenze, dall'anno accademico 1961-62 nel quale si avevano 290 iscritti e 74 fuori corso, si era raggiunto, nel 1969-70, il numero di 640 iscritti e 112 fuori corso, che nella quasi totalità si sarebbero trasferiti per la continuazione degli studi nelle Facoltà di Pisa e di Bologna, già in serie difficoltà per l'aumento della propria popolazione studentesca.

⁶ Ovviamente non erano più richieste le firme di iscrizione e di frequenza ai corsi. Tale appello «straordinario» non venne soppresso dopo la fine delle ostilità, fino alla situazione attuale in cui le sessioni di esame si sono praticamente dilatate lungo l'intero anno accademico.

⁷ Venivano utilizzate due aule, una delle quali molto ampia, non prive purtroppo di qualche serio inconveniente, specialmente nella stagione estiva, dovuto all'esistenza nel piano sottostante delle sale anatomiche.

⁸ Va infatti ricordato che, per effetto della Riforma Gentile, per ottenere l'iscrizione ai bienni propedeutici era obbligatorio l'aver conseguito un diploma di maturità classica o di maturità scientifica, limitazione che venne appunto abolita.

I tempi, come suol dirsi, erano maturi per la nascita di nuove facoltà di ingegneria sul territorio nazionale⁹, e così anche a Firenze furono adottati i primi provvedimenti amministrativi atti a favorire una tale iniziativa.

Purtroppo non tardarono a manifestarsi complicità di varia natura, a carattere non soltanto burocratico, e va forse sottolineato che, se il progetto con alterne vicende è stato realizzato, si deve in buona parte alla determinazione ostinata di un paio di docenti e di un gruppo particolarmente vivace e combattivo di studenti che, avendo superato il biennio, intendevano proseguire gli studi senza cambiare sede.

Numerose quindi le difficoltà che dovevano essere superate anche perché, a causa della situazione locale, l'iniziativa suscitava, sia sul piano scientifico che su quello professionale, significative, peraltro naturali, resistenze da parte di ambienti in vario modo legati alla Facoltà di Architettura attivata a Firenze fin dal 1936.

A tale proposito va ricordato che il territorio fiorentino, pur vantando la presenza di industrie quali le Officine Galileo e le Fonderie del Pignone, fino al primo dopoguerra presentava possibilità di impiego prevalentemente nel settore civile. Solo successivamente si è andato rapidamente arricchendo di attività tecniche multiformi, sia sotto l'aspetto scientifico, sia sotto quello industriale.

Tale stato di cose consigliò di rinunciare in un primo tempo alla creazione di un corso di laurea in Ingegneria Civile, limitando le richieste di attivazione ai soli settori della Meccanica e dell'Elettronica. Dopo alterne vicende, e grazie anche al benevolo interessamento di un autorevole personaggio politico, col DM n. 914 dell'allora Ministro Misasi, in data 27 settembre 1970, nasceva la Facoltà di Ingegneria dell'Università di Firenze, con l'attivazione del terzo anno di insegnamento per i corsi di laurea in Ingegneria Elettronica e Ingegneria Meccanica.

Il 30/11/1970 si riuniva per la prima volta il Comitato Tecnico presieduto da Lucio Lazzarino, preside della Facoltà di Ingegneria di Pisa, e composto da Enzo Ferroni, Giovanni Serravalle e successivamente, per cooptazione, da Demore Quilghini¹⁰, titolare del corso di Meccanica Razionale per allievi ingegneri della Facoltà di Scienze di Firenze.

Nel primo anno di vita della nuova Facoltà, l'anno accademico 1970-71, il numero degli studenti iscritti era di 809 unità al biennio, 36 al terzo anno di Elettronica e 50 a quello di Meccanica. Si poneva dunque con urgenza il problema del reperimento di adeguati locali da destinare alle attività didattiche e scientifiche del triennio.

Una prima sistemazione provvisoria fu trovata prendendo in affitto parte del Collegio del Pellegrino¹¹ sito in via Bolognese 52. Ma fu subito evidente che, date le scarse possibilità offerte dalla situazione edilizia della città, una delle poche, se non l'unica soluzione per una sistemazione adeguata, e a tempi brevi, della Facoltà era costituita dal Seminario Minore di via S. Marta 3, costruito negli anni trenta per iniziativa del cardinale Elia Dalla Costa.

Tale complesso, contornato da un vasto parco e corredato da ampi locali e corridoi distribuiti su tre piani e un sottosuolo, era solo parzialmente utilizzato dalla Curia, e dalla Provincia di Firenze che vi aveva sistemato la scuola media Poliziano. Iniziarono pertanto febbrili trattative con le autorità ecclesiastiche, che però si scontrarono ben presto con alcune resistenze pregiudiziali motivate da un certo clamore suscitato in quegli ultimi anni dalle attività alquanto vivaci del movimento studentesco. Fortunatamente, a seguito di un rassicurante incontro che si riuscì ad ottenere tra una rappresentanza del gruppo di studenti maggiormente interessati all'iniziativa e l'allora Arcivescovo di Firenze, card. Florit¹², i timori di un coinvolgimento in eventuali disordini poterono essere superati e furono concessi in affitto quattro locali al pianterreno dell'ala sinistra dell'edificio, ed una grande stanza al piano superiore ove furono temporaneamente collocate le prime apparecchiature didattiche e scientifiche.

⁹ Tale fenomeno, col passare degli anni, avrebbe finito per assumere il carattere di una vera e propria proliferazione.

¹⁰ Al cui ammirevole impegno è prevalentemente dovuta la realizzazione della Facoltà di Ingegneria di Firenze.

¹¹ Successivamente acquisito dall'Ateneo e oggi adibito alla didattica del settore filosofico.

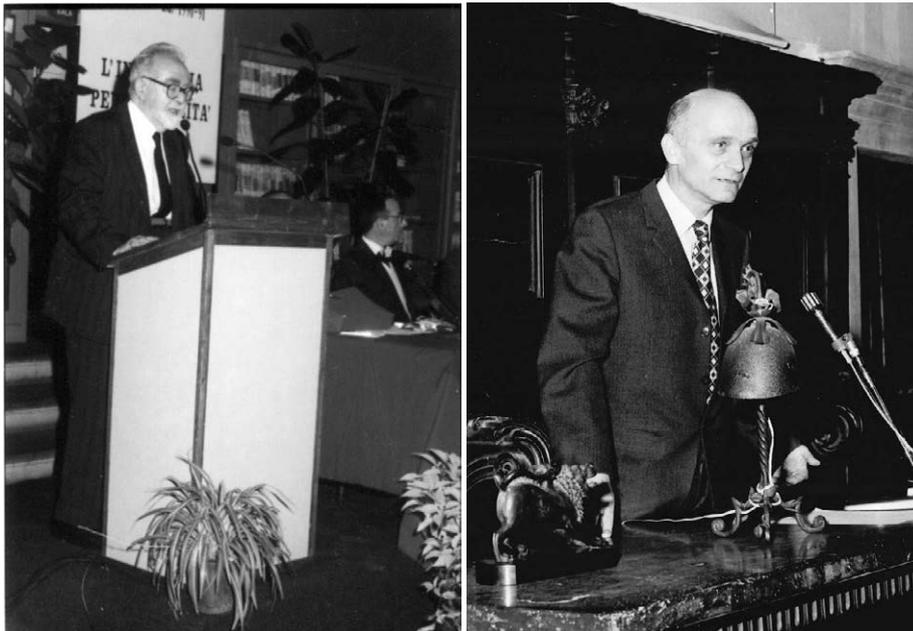
¹² Come può immaginarsi, particolarmente accurata fu la selezione degli studenti da presentare al Cardinale, opportunamente scelti tra quelli di aspetto meno appariscente sia per la capigliatura di dimensioni ridotte che per l'abbigliamento scarsamente vistoso. Ai quali furono inoltre fatte fare ripetute prove sul modo più consono di comportarsi in presenza dell'alto prelato, ivi compreso il bacio dell'anello pastorale!



Ritratto litografico del marchese Cosimo Pietro Gaetano Gregorio Melchiorre Ridolfi [Firenze, 28 novembre 1794 – Firenze, 5 marzo 1865], agronomo e politico italiano.



La copertina del testo di Enrico Fermi di Meccanica Razionale, relativo alle lezioni da lui tenute al biennio propedeutico per l'avviamento agli studi di Ingegneria dal 1924 al 1926. L'originale di questa copia del libro si trova presso la Temple University (Philadelphia, Pennsylvania, USA).



Alcuni membri del Comitato Tecnico incaricato di sovrintendere all'avviamento della Facoltà di Ingegneria: il Presidente Lucio Lazzarino (foto a sinistra), in occasione delle celebrazioni del ventennio della Facoltà nel 1991, ed Enzo Ferroni [per cortesia di Piero Baglioni], Rettore dell'Università di Firenze dal 1976 al 1979.

Iniziarono così, l'11 gennaio 1971, le lezioni dei corsi attivati del triennio di Applicazione, ed è da rilevare come tale circostanza abbia suscitato un favorevole interesse anche a livello cittadino, dato che, per iniziativa del Sindaco e del Rettore, fu recepita con una certa solennità nel corso di una pubblica cerimonia nel Salone dei 200 di Palazzo Vecchio¹³.

Si era intanto concretizzato l'utilizzo di numerosi altri locali del complesso di via S. Marta, anzi può dirsi che, nel giro di pochi anni, erano stati occupati in affitto quasi i due terzi di tutto l'edificio. Venne allora presa in considerazione l'eventualità dell'acquisto dell'intero immobile con le relative parti ad esso connesse, e in tal senso vennero avviati i primi sondaggi. Si trattò di un negoziato né rapido né semplice, in special modo dopo l'arrivo del card. Benelli alla guida dell'Arcidiocesi fiorentina, e se nel 1980, dopo fasi alterne, la vicenda finì per sortire una improvvisa soluzione positiva lo si deve sostanzialmente a fattori estranei alle trattative in corso.

Non possono però essere taciuti, a tale proposito, la sagacia, e anche il coraggio data la situazione finanziaria dell'Ateneo, dimostrati in quella circostanza dall'allora Rettore Franco Scaramuzzi che ha saputo cogliere l'opportunità per condurre in porto quella che a ben ragione può essere annoverata tra le più vantaggiose acquisizioni del patrimonio edilizio dell'Università di Firenze.

Con l'abbandono dei locali occupati dalla scuola media Poliziano, e l'esecuzione di numerosi lavori di risistemazione, l'intero edificio di via S. Marta 3, con l'eccezione di una parte dell'ala sinistra del secondo piano destinata temporaneamente agli insegnamenti di Fisica Superiore e di Fisica dello Spazio, è stato assegnato dal Consiglio di Amministrazione alla Facoltà di Ingegneria e utilizzato fino ai giorni nostri per le esigenze didattiche e scientifiche del triennio, mentre il biennio, abbandonata la vecchia sede del prefabbricato, è stato poi trasferito nel nuovo complesso didattico di viale Morgagni 42.

Questo per quanto concerne la situazione edilizia della Facoltà a Firenze. Non vanno però dimenticate le innovazioni derivanti dall'introduzione delle Scuole Dirette a Fini Speciali, dei Diplomi Universitari, e infine della Laurea triennale e di quella specialistica, con il distacco di una parte dell'attività didattica a Prato, Pistoia ed Empoli.

¹³ Analoga cerimonia si sarebbe ripetuta, nel gennaio 1974, in occasione del conferimento delle prime due lauree in Ingegneria.

Ma soprattutto va segnalato che è in fase di progettazione una nuova sede destinata ad ospitare l'intera Facoltà nella piana di Sesto Fiorentino, complesso di edifici non più frutto di molteplici, anche se felici, interventi di adattamento, ma appositamente concepito per rispondere alle esigenze di una moderna struttura tecnico scientifica. Quando questo potrà realizzarsi non è al momento prevedibile, ma si potrà parlare allora, con buona sostanza, di una sistemazione definitiva.

Con la conclusione dei lavori del Comitato Tecnico, nell'ottobre del 1972, e la costituzione del Consiglio di Facoltà, la nuova struttura accademica assumeva a tutti gli effetti le normali funzioni degli analoghi organi universitari. Primo Preside venne eletto Giuseppe Francini, a cui molto si deve per l'organizzazione e il potenziamento degli studi di Ingegneria a Firenze.

Oltre alla creazione di numerosi Istituti, nell'anno accademico 1971-72 venne introdotta la laurea in Ingegneria Civile e, a partire dal 1974, tutti i cinque anni di corso erano regolarmente funzionanti in tre distinti settori.

La Facoltà era allora composta da 10 professori ordinari con 16 assistenti di ruolo, ed erano attivati 91 incarichi di insegnamento¹⁴. Il numero degli studenti era di 692 unità complessivamente iscritti al quinquennio di Elettronica, 567 a Meccanica e 656 a Civile. Situazione questa che, nel giro di pochi anni, avrebbe subito una rapida evoluzione quando si pensi che nell'anno accademico 1978-79 si sono raggiunti 1125 iscritti al corso di laurea in Elettronica, 516 a quello di Meccanica, 704 a quello di Civile, e 20 studenti al biennio di Ingegneria Chimica, oltre a 170 laureati (di cui una di sesso femminile in Ingegneria Elettronica). Firenze si apprestava dunque a diventare una sede ambita, sia per il personale docente che per la componente studentesca dell'intero comprensorio toscano.

Va comunque rilevato come, per effetto di un naturale ampliamento degli interessi scientifici, e per rispondere quindi anche all'esigenza di una più incisiva diversificazione della didattica, si pervenne ben presto all'attivazione di ulteriori Corsi di laurea, resa possibile dalla riforma degli ordinamenti didattici conclusasi con il DPR 20 maggio 1989, e, a partire dall'anno accademico 1991-92, si raggiunse in breve tempo il numero di sette Corsi, vale a dire: Ambiente e Territorio, Civile, Edile, Elettronica, Meccanica, Informatica, Telecomunicazioni, ciascuno suddiviso in specifici indirizzi, nell'ambito dei quali si sono avuti complessivamente a tutt'oggi [anno 2004 n.d.r.] 6395 laureati di cui 475 donne: 325 in Ambiente e Territorio, 1517 nel settore Civile, 2745 in quello dell'Elettronica, 1468 in Meccanica, 166 nell'Informatica e 174 nelle Telecomunicazioni.

Ciò fatalmente avrebbe provocato, per quanto attiene alla preparazione scientifica di base oltre che a quella di natura tecnico professionale degli studenti, una sempre più accentuata distinzione tra i nuovi ingegneri, la cui figura conseguentemente avrebbe finito per discostarsi in maniera significativa da quella classica dell'ingegnere 'senza ulteriori specificazioni qualitative' così come era stata intesa fino a qualche decennio innanzi¹⁵.

A partire dall'anno accademico 1990-91, per effetto della Legge Ruberti (DPR 382/80), vennero istituite le cosiddette 'Scuole dirette ai fini speciali' tre delle quali, afferenti al settore tecnologico, sono state gestite dalla Facoltà. Si trattava della Scuola per Esperto in Tecnologie tessili, di quella per Tecnico Superiore in Elettronica, e di quella per Topografo esperto, successivamente confluite, dal 1992, nei 'Diplomi universitari', strutture queste, per quanto riconducibile alle Facoltà di Ingegneria, adottate nell'intento di fornire un'adeguata risposta all'esigenza della formazione di tecnici specializzati di elevato livello, come richiesto dal progressivo sviluppo delle tecnologie, congiuntamente a quella di favorire l'inserimento delle giovani leve nel mondo del lavoro in maniera analoga a quanto era già in atto in molte nazioni della Comunità europea.

La manifesta impossibilità di accogliere i nuovi insegnamenti nei locali del complesso di via S. Marta provocava intanto la necessità del reperimento di ulteriori idonee sistemazioni edilizie a cui si poté far fronte con il trasferimento della rispettiva attività didattica a Prato¹⁶, ove sono stati attivati nel primo anno i Diplomi per l'Elettronica e per la Meccanica, e successivamente quello per l'Ambiente e per le Risorse. E per tali

¹⁴ Il Consiglio di Facoltà, che all'atto della sua costituzione era composto da sette persone, per le successive chiamate e i numerosi trasferimenti, e per effetto anche delle nuove disposizioni legislative, è oggi formato da 229 membri più 9 rappresentanti della componente studentesca.

¹⁵ Si pensi che, per alcuni indirizzi di certi corsi di laurea, sono stati consentiti piani di studio nei quali non figuravano la Scienza delle Costruzioni, la Fisica Tecnica e la Meccanica Applicata alle Macchine.

¹⁶ In seguito sarebbero state attivate sedi didattiche distaccate anche a Pistoia ed Empoli.

strutture, considerando anche l'apporto dovuto alle Scuole dirette ai fini speciali, si sono complessivamente avuti 318 Diplomatici, di cui 70 di sesso femminile.

Si perviene così alla situazione attuale nella quale, come si è accennato nella premessa introduttiva, per effetto della Legge Zecchino e delle recenti disposizioni normative, il percorso didattico degli studi in ingegneria è stato suddiviso in un primo periodo triennale inteso a presentare caratteristiche di completezza rispetto alla formazione professionale degli studenti, e in un eventuale successivo biennio che dovrebbe consentir loro di completare una più accurata preparazione scientifica di base indirizzandoli verso determinati settori specialistici.

In quest'ordine di idee si sta intanto procedendo alla progressiva disattivazione degli anni di insegnamento dei 7 corsi afferenti alla vecchia laurea tradizionale, ai quali si è fatto in precedenza riferimento, che sono stati sostituiti da cinque Classi di lauree triennali: Scienze dell'Architettura e dell'Ingegneria Edile, Ingegneria Civile e Ambientale, Ingegneria dell'Informazione, Ingegneria Industriale, Economia aziendale (in collegamento con la Facoltà di Economia e Commercio), nel cui ambito sono stati attivati 14 corsi di laurea, quattro dei quali (Ingegneria dell'Ambiente e delle Risorse, Ingegneria dell'Informazione, Ingegneria Industriale, Economia e Ingegneria della Qualità) hanno luogo nella sede didattica distaccata di Prato, in piazza Ciardi 25, e uno (Ingegneria dei Trasporti) in quella di Pistoia, in via Bindi 14. Mentre, per il conseguimento del titolo specialistico, sono stati, o lo saranno¹⁷, attivati 12 corsi di laurea biennali, uno dei quali (quello di Ingegneria Gestionale) ha luogo nella sede distaccata di Empoli, in via Fratelli Rosselli 40.

Come è stato osservato, l'ordinamento attuale degli studi di ingegneria ha notevolmente accentuato l'indirizzo emerso con la Legge Ruberti in ordine ad una progressiva diversificazione dei percorsi didattici degli studenti della Facoltà privilegiando anche, per alcuni settori, l'aspetto manageriale nella formazione professionale dei futuri ingegneri. E va inoltre rilevato come il compattamento semestrale dei cicli didattici, derivante dalla necessità di completare in tempi ridotti programmi di insegnamento di una non trascurabile corposità, finisca fatalmente per comportare, in special modo nella parte propedeutica, una qualche seria difficoltà nell'assimilazione di alcuni basilari concetti teorici, inconvenienti al quale non sempre appare potersi facilmente porre rimedio nel corso del biennio di indirizzo per la laurea specialistica, prevalentemente rivolto allo studio di specifici settori della tecnologia avanzata.

Da quanto precede si potrebbe dunque essere indotti ad immaginare un considerevole apporto alla formazione di 'ingegneri di gestione', per i quali peraltro sono state predisposte opportune limitazioni normative concernenti le sfere di attività professionale dei singoli. Mentre non altrettanto potrebbe essere pensato per quanto riguarda la formazione di 'ingegneri di ricerca'.

Ad ogni buon conto, qualora non intervengano ulteriori modifiche di carattere normativo, l'inserimento nel mondo del lavoro dei nuovi soggetti forniti di laurea triennale e di laurea specialistica, è previsto per i prossimi anni, ed appare quindi prematuro cercare di esprimere oggi un obiettivo giudizio di merito.

Va infine ricordato che, nel suo primo trentennio di vita, la Facoltà di Ingegneria dell'Università di Firenze ha conferito quattro lauree *honoris causa*: a Giovanni Sansone in Ingegneria Elettronica, a Nello Carrara in Ingegneria Elettronica, a Giovanni Michelucci in Ingegneria Civile, e a Paolo Fresco in Ingegneria Meccanica. Un analogo riconoscimento è previsto nel corrente anno accademico per Jean Todt, *general manager* del settore corse della Ferrari.

[...]

¹⁷ Allo scopo di impedire una eccessiva moltiplicazione dei corsi di laurea, il Senato Accademico ha stabilito che questi possono essere attivati solo se vi risultano iscritti più di cinque studenti!

TRACCE DEL PASSATO

Gli ingegneri sono, spesso per natura oltre che per professione, sempre con lo sguardo rivolto al futuro, al mondo che verrà. Ma a Firenze non c'è edificio, colle, località che non abbia una lunga e interessante storia da raccontarci. E talvolta, anche per un ingegnere, è bello rivivere il passato attraverso le sue tracce ingiallite dal tempo.

In questa sezione, *Tracce del passato*, il primo contributo di Ferdinando Rossi [Firenze, 1 marzo 1905 – Firenze, 19 gennaio 1997] – Presidente del Collegio degli Ingegneri della Toscana dal 1966 al 1989 – è dedicato all'istituzione, nel 1876, del Collegio Architetti e Ingegneri di Firenze (oggi appunto Collegio degli Ingegneri della Toscana). Il Collegio ha svolto, sin dalla fondazione e sino alla istituzione degli Ordini nel 1923, anche la funzione di tutela professionale degli iscritti. Le attività prevalenti del Collegio oggi sono sia la diffusione e l'approfondimento delle conoscenze tecniche e scientifiche sia la formazione professionale, in stretta collaborazione con l'Università e gli Ordini professionali, in tutti i campi dell'ingegneria e dell'architettura.

Il secondo contributo è di Vincenza Lombardo, Leonardo Lucci e Fioranna Salvadori. Gli autori hanno avuto la pazienza di 'rovistare' nell'Archivio Storico dell'Università di Firenze per ricostruire il percorso di formazione degli iscritti al biennio propedeutico per l'avviamento agli studi di ingegneria, ma anche alla ricerca di nomi e curiosità.

Invece il terzo contributo è di Luca Brogioni, responsabile dell'Archivio Storico del Comune di Firenze. In esso è ricostruita, sulla base di materiale spesso inedito, la storia della struttura che nei primi anni '70 fu adibita a sede della neonata Facoltà di Ingegneria dell'Università di Firenze.

Il quarto contributo dal titolo *L'ingegnere quantistico* di Massimiliano Pieraccini, docente della Scuola di Ingegneria ma anche scrittore (recentemente ha pubblicato per Rizzoli un 'thriller scientifico' intitolato *L'anomalia*). In questa duplice veste Pieraccini azzarda, espressamente per questo libro, un esperimento al confine tra archivistica e narrazione: una lettera apocrifa che Enrico Fermi avrebbe scritto a Firenze proprio nei giorni in cui elaborò la scoperta della statistica che prende il suo nome. È una fredda mattinata di inverno, Enrico Fermi aspetta in aula gli studenti del suo corso di Meccanica Razionale, in comune con il biennio di Ingegneria. Da mesi la sua mente è occupata da un problema di fisica statistica, ma non sempre il duro lavoro paga: ha, infatti, ricevuto una pessima notizia [...].

Infine, l'ultimo contributo dal titolo *'La Delibera' ovvero un racconto breve* propone uno spaccato di vita accademica presso la Facoltà, sapendone cogliere con efficacia i disarmanti aspetti surreali e paradossali.



IL COLLEGIO ARCHITETTI E INGEGNERI A FIRENZE

Ferdinando Rossi

[Il contributo tratto dall'articolo di F. Rossi, *I Collegi Ingegneri ed Architetti ed il Collegio Ingegneri della Toscana*, «Bollettino Ingegneri», 1/2, Ed. Collegio degli Ingegneri della Toscana, Firenze, 1998. Le figure sono state introdotte dai curatori della presente pubblicazione.]

[...]

Un fatto che certamente contribuì alla istituzione del Collegio Ingegneri e Architetti a Firenze, fu l'approvazione del nuovo Statuto del Collegio degli Ingegneri e Architetti di Milano, firmato a Firenze il 14 Febbraio 1869 da parte del Re Vittorio Emanuele II. Ciò non deve essere sfuggito al Peruzzi, allora Presidente del Consiglio Provinciale e chiamato l'anno dopo all'alta carica di Sindaco della nostra città. Si tennero convegni vari: il primo di essi a Roma nel 1875, cui partecipò l'ingegnere Giovanni Pini di Firenze e l'altro a Firenze, nel 1875, nella sala dell'Accademia delle Belle Arti in Piazza San Marco. Ubaldino Peruzzi fu Presidente onorario e vi presero parte Felice Francolini, architetto, e Giovanni Pini, ingegnere. Anche la nostra città si adeguò ai tempi e i tre partecipanti al congresso presero finalmente la decisione di sensibilizzare l'ambiente tecnico fiorentino per l'istituzione del collegio. Da notare che prima del 1876 esisteva a Pisa l'Associazione architetti ed ingegneri residenti in Toscana e non si spiegava come la sua presenza non avesse influito sulla realtà fiorentina. Verona e le più vicine a noi Arezzo e Siena, avevano Collegi di Ingegneri Agronomi, forse corrispondenti agli attuali Geometri. Dopo il 1860 in Toscana dominava l'Accademia dei Georgofili, cui apparteneva anche il Peruzzi, e forse questo fu dei motivi del ritardo con cui Firenze istituì il Collegio. Nonostante queste difficoltà l'ingegnere Giovanni Pini costituì, nel giugno del 1876, un Comitato promotore per fondare a Firenze un Collegio di Architetti e Ingegneri [...] Il Comitato promotore ebbe l'adesione di oltre 100 professionisti e nelle adunanze del 17 e 22 giugno 1876 fu approvato lo Statuto e furono eletti i componenti del comitato direttivo:

- comm. ing. Ubaldino Peruzzi, presidente onorario;
- cav. prof. Felice Francolini, presidente;
- comm. ing. Giovanni Morandini, primo vice presidente;
- comm. prof. Emilio de Fabris, secondo vice presidente;
- cav. ing. Giovanni Pini, Segretario;
- prof. cav. Michelangiolo Malorfi, tesoriere economo;
- cav. ing. Luigi Del Sarto, consigliere;
- cav. ing. David Duranti, consigliere;
- ing. Alessandro Cantagalli, consigliere.

L'articolo 1 dello Statuto stabiliva così la formazione e lo scopo della Società:

Art. 1: è istituita in Firenze una Società che porta il titolo di Collegio degli Architetti e degli Ingegneri. Il suo scopo è di contribuire al progresso scientifico, pratico, artistico, di tutto ciò che si riferisce alle varie professioni dell'architetto e dell'ingegnere.

Seguono 42 articoli attentamente studiati per l'andamento del Collegio. La sede era presso il Circolo Filologico (di cui era Socio Ubaldino Peruzzi) in via della Mattonaia, 4.

[...]

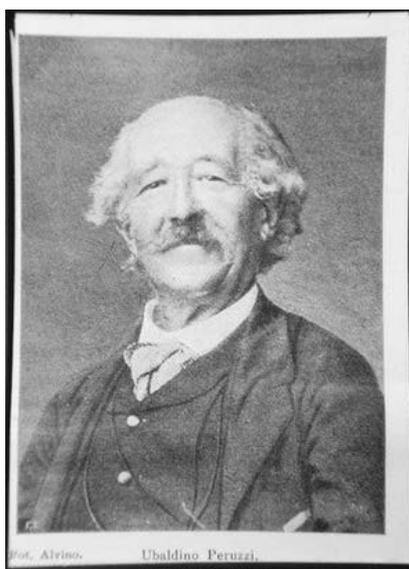
Il Collegio iniziò subito una grande attività, pubblicò gli Atti fino al 1908 e prese parte sostanziale sia nelle vicende di ristrutturazione della nostra città che, attraverso le relazioni con gli altri Collegi, a varie iniziative per l'Italia e per l'estero. Importante inizio fu la relazione del 25 giugno 1878 per la fognatura di Firenze e la pavimentazione. Seguirono interventi per le ferrovie, per le stazioni ferroviarie, per l'Arno. È interessante seguire le vicende e apprendere come gli ingegneri e gli architetti erano consultati ed apprezzati sia in sede locale che nazionale. In seguito il Collegio si occupò molto della istituzione della scuola di

ingegneria, dei programmi dettagliati per le scuole di architettura e per la preparazione di base. Ubaldino Peruzzi era attivissimo e partecipava alle riunioni di consiglio.

Fu pubblicato un interessante Dizionario Tecnico dell'Architetto e dell'Ingegnere civile e agronomo edito nel 1883 e si insisteva molto nel valorizzare la proposta del Collegio di Napoli, assai attivo, per dare incremento alla Società di ingegneri ed architetti italiani di Roma, organo necessario per il coordinamento. Era il momento in cui i progressi della elettrotecnica entusiasmarono tutti e il nostro Collegio dimostrava molto interesse per questo settore, naturalmente non trascurando quello edile dato che era costituito da architetti e ingegneri (cosa che poi non proseguì a lungo). Il Collegio prendeva parte a tutti i congressi che si ripetevano in tutta Italia e fino dal 1887 si verificò la necessità di istituire i consigli dell'Ordine e di pensare all'ordinamento degli studi scientifici nelle scuole di architettura. Nel 1887 il Collegio organizzò una grande esposizione regionale toscana di materiali da costruzione, decorazione ed opere di finimento, ubicata fra via Lamarmora, via della Dogana e nei locali delle antiche scuderie di S. Marco (ora Università). Fu Presidente onorario Ubaldino Peruzzi ed effettivo Felice Francolini e fu inaugurata con l'intervento dei reali d'Italia. Successivamente una commissione studiò una proposta di legge per la tenuta dell'Albo presso ogni Corte d'Appello. Ubaldino Peruzzi morì nel 1891 ma il Collegio da lui voluto e potenziato proseguì e prosegue la sua benefica opera.

Si discusse sui titoli di ingegnere conseguiti nelle varie regioni d'Italia, per l'ammissione alle scuole di ingegneria con la licenza tecnica superiore o liceale e per gli architetti si continuò un periodo di transizione. L'attività del Collegio è veramente intensa e i vari presidenti che si alternano nel comitato direttivo sono molto impegnati. La trasformazione degli impianti industriali a vapore in sistemi a motori elettrici fu motivo di ricerca come lo furono le linee tranviarie cittadine prima delle quali fu Firenze-Fiesole. Nel 1892-93 una rappresentanza del nostro Collegio andò al congresso di Chicago, organizzato dagli ingegneri in occasione della esposizione colombiana. Per la parte elettricità l'Italia fu ufficialmente rappresentata dal prof. Galileo Ferraris di Torino inventore del motore a campo rotante ed erano presenti Thomas Alva Edison, Graham Bell e Nicola Tesla.

L'interesse del Collegio si rivolse particolarmente alle conseguenze relative al terremoto del 1895 nella città di Firenze e nello stesso anno furono poste basi concrete per lo studio della questione professionale e per l'istituzione dei consigli dell'Ordine nati per volontà dei collegi come difesa dei datori di lavoro, dei progettisti e direttori dei lavori. In questi anni nacque anche una società toscana degli ingegneri e degli architetti che si fuse con il Collegio dopo breve esistenza.



Ubaldino Peruzzi de' Medici [Firenze, 2 aprile 1822 – Antella, 9 settembre 1891], ingegnere minerario. Fu Sindaco di Firenze e uno dei Ministri del neonato Regno d'Italia.



La casa dell'arch. Felice Francolini [Firenze, 9 giugno 1809 – Firenze, 4 gennaio 1896] in via della Mattonaia 18 a Firenze. Sulla facciata la lapide posta dal Collegio degli Architetti e Ingegneri di Firenze.

Si precisò che ogni Corte d'appello del Regno dovesse avere un Albo di ingegneri e di architetti cui avevano diritto di iscriversi soltanto coloro che possedevano il diploma di abilitazione all'esercizio della professione. Nel 1896 il Collegio partecipò al congresso ingegneri e architetti di Genova con gli ingegneri Giovanni Pini, Guido Martini, Crociatelli, Attilio Rampolli. Si difesero i diritti degli ingegneri laureati e si propose la loro unica ammissione nelle amministrazioni governative. Il 22 febbraio 1897 fu pubblicato il primo regolamento interno del consiglio dell'Ordine degli architetti e ingegneri in Toscana approvato in quella data dal collegio. Nel 1898 il Collegio prese viva parte per il progetto della nuova sede della biblioteca Nazionale e già si discuteva ampiamente sulla possibilità di attuazione della 'telegrafia senza filo'. I temi concernenti l'elettricità affascinavano ed erano sempre causa di frequenti riunioni. Si trattava dei vantaggi della corrente continua, della illuminazione pubblica e della trazione elettrica. Già si voleva un ampliamento della sede perché gli angusti locali dell'inizio erano insufficienti. Fu trovata una nuova sede in via dei Benci n. 10 ove aveva uffici anche l'Associazione Elettrotecnica.

In una riunione di consiglio del 1901 si ricordò quanto il prof. Camillo Boito, direttore della scuola di architettura del Politecnico di Milano, scriveva nella nuova antologia il 1 febbraio 1890:

[...] fate che l'architetto ritorni artista; cavatelo dalle scuole di applicazioni per gli ingegneri, educatelo negli istituti di belle arti; nutritelo di quel tanto di scienza che gli basti per architettare, ma non lo soffocate di dottrina indigesta, non gli mortificate la fantasia.

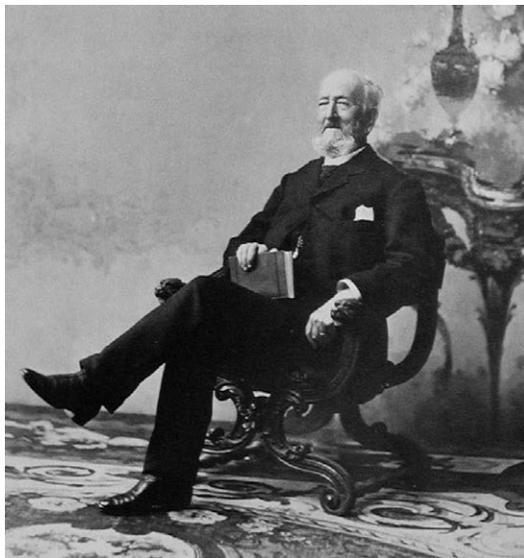
Si voleva una differenza con gli ingegneri e sembra che oggi ritorni di attualità questa maniera di pensare, con l'Unità Europea.

Nel 1902 si riaccese la polemica per l'abuso del titolo di ingegnere specialmente per gli 'ingegneri agronomi' in rapporto con i diplomati e i laureati. Per l'attenzione verso la nostra città, è importante la discussione avvenuta nel 1903 sullo scalo merci di Porta al Prato e sulla nuova stazione merci succursale di Campo di Marte, presso Rifredi, con l'allacciamento alle linee livornesi. Sulle novità costruttive con il cemento armato si ebbero numerosi interventi e nello stesso anno il nostro Collegio prese a cuore la questione della direttissima Bologna-Roma.

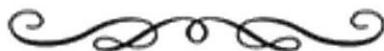
Non trascurò mai di parlare della necessità di una legge per proteggere l'esercizio professionale molto sostenuta dall'attivo Collegio di Napoli. Il Collegio, in grande attività, nel 1905 fu invitato dal Prefetto per occuparsi di questioni riguardanti la navigazione fluviale. Si propose già l'istituzione di scuole speciali per architetti che furono realizzate molto più tardi.



Vilfredo Pareto [Parigi (Francia), 15 luglio 1848 – Céligny (Svizzera), 19 agosto 1923]. è stato un ingegnere, economista e sociologo. Socio del Collegio degli Architetti e Ingegneri di Firenze dal 1880 al 1886. Lo studio di Pareto era in Via Ghibellina 100 e successivamente in Via dei Bardi 7.



Giuseppe Poggi [Firenze, 3 aprile 1811 – Firenze, 5 marzo 1901], redattore nel 1865 del piano regolatore di Firenze, è stato socio del Collegio degli Architetti e Ingegneri di Firenze dal 1876 al 1899, diventandone Presidente Onorario nel 1897.



IL BIENNIO PROPEDEUTICO PER L'AVVIAMENTO AGLI STUDI DI INGEGNERIA NEI DOCUMENTI DELL'ARCHIVIO
STORICO DELL'UNIVERSITÀ DI FIRENZE

Vincenza Lombardo, Leonardo Lucci, Fioranna Salvadori

In questa nota sono presentati i risultati di una ricerca effettuata presso l'archivio storico dell'Università di Firenze, relativa al biennio propedeutico di avviamento agli studi di ingegneria presso l'Università di Firenze. In particolare si è cercato di ricostruire il percorso di formazione degli studenti del biennio propedeutico attraverso i dati ricavabili sia dagli annuari per gli anni accademici dal 1924-25 fino al 1969-70, sia dai registri della carriera scolastica degli studenti delle sezioni di Scienze Fisiche e Naturali e di Scienze Matematiche, Fisiche e Naturali. Sulla base di questi documenti sono state elaborate le diverse tabelle riepilogative riportate di seguito.

In Tabella I sono mostrati i dati relativi al numero di studenti 'approvati all'esame di Licenza del biennio propedeutico all'Ingegneria', a partire dall'a.a. 1924-25, confrontati con quelli relativi ai laureati in Fisica, Matematica e Fisica, Chimica. Si osserva che dall'a.a. 1927-28 all'a.a. 1933-34 gli studenti devono superare un esame espresso all'inizio in 50-esimi e successivamente in 150-esimi (50 punti per la prova scritta, 50 punti per la prova orale e 50 punti per la prova grafica). I dati di Tabella I sono dedotti dagli annuari dell'Università di Firenze. Si segnala che le successive tabelle (Tabella II e Tabella III) tengono conto anche degli studenti presenti sui registri delle carriere, in cui sono presenti anche gli studenti che sono stati 'approvati all'esame di Licenza del biennio propedeutico all'Ingegneria' prima dell'a.a. 1927-28 e dopo l'a.a. 1933-34. Si segnala che con il RD 2044/ 1935-XIV viene stabilito il nuovo ordinamento della didattica, secondo cui

il corso degli studi di ingegneria si deve considerare quinquennale e perciò unico nonostante la divisione in biennio e triennio. In conseguenza gli studenti attualmente iscritti al secondo corso del biennio propedeutico d'ingegneria, non sosterranno l'esame di licenza.

Fino all'a.a. 1933-34 (ultimo anno in cui era previsto un esame di licenza) il numero di studenti che hanno superato il biennio propedeutico sono 214. Di questi il 76% proveniva dall'area fiorentina, avendo conseguito gli studi superiori presso i Licei di Firenze elencati in Tabella II. Si ricorda che, fino alla Legge Codignola 910/69, gli studenti che avevano frequentato gli Istituti Tecnici non potevano accedere direttamente all'Università.

Sempre relativamente agli studenti che, fino all'anno accademico 1933-34, hanno superato il biennio propedeutico di avviamento all'ingegneria, la Tabella III riporta invece la distribuzione percentuale delle destinazioni raggiunte dopo la conclusione del biennio di avviamento.

In Tabella IV è riportato dall'a.a. 1924-25 fino all'a.a. 1969-70 (nell'a.a. 1970-71 viene istituita la Facoltà di Ingegneria) il numero degli iscritti al biennio propedeutico per l'avviamento agli studi di ingegneria, confrontato sia con il numero di studenti iscritti alla Facoltà di Scienze Matematiche Fisiche e Naturali (a cui il biennio afferiva), sia con il numero complessivo di iscritti all'Università di Firenze. In realtà la percentuale nell'ultima colonna di Tabella IV – ovvero il rapporto tra il numero di iscritti all'avviamento all'ingegneria e quello degli iscritti alla Facoltà di Scienze Matematiche, Fisiche e Naturali (in cui sono compresi gli iscritti al biennio propedeutico) – potrebbe sottostimare l'incidenza della componente ingegneristica. Infatti la presenza di studenti dell'avviamento di ingegneria è mediamente limitata a due anni, mentre per gli altri corsi di laurea le presenze si protraggono mediamente per oltre due anni.

Nell'anno accademico 1970-71, primo anno della nuova Facoltà di Ingegneria, il numero totale degli studenti iscritti agli studi di ingegneria erano di 1.036 (920 al biennio, 36 al terzo anno di Elettronica e 50 a quello di Meccanica). Gli iscritti nello stesso anno accademico all'Università di Firenze erano 26.068 e quelli alla Facoltà di Scienze Matematiche Fisiche e Naturali (a questo punto evidentemente senza la componente ingegneristica) erano invece 2.533.

Le notizie riportate di seguito sono articolate in diversi paragrafi. In particolare, sotto il titolo *Tra gli studenti*, viene proposta una selezione di studenti che hanno frequentato il biennio per l'avviamento all'ingegneria nel decennio dal 1924 al 1934; nel paragrafo dal titolo *La componente femminile* sono citate le prime donne che frequentavano il biennio ed è mostrata una tabella che evidenzia l'incidenza della

componente femminile sul totale degli iscritti al biennio dall'a.a. 1931-32 all'a.a. 1970-71; nel paragrafo dal titolo *Ordine degli studi* si riportano invece gli esami che dovevano essere sostenuti per superare il biennio di avviamento, con l'indicazione dei docenti più illustri che si succedettero nell'insegnamento delle materie di base fino all'a.a. 1933-34; infine, il paragrafo dal titolo *Fonti presso l'Archivio Storico dell'Università di Firenze* elenca le fonti da cui sono stati estratti i dati utilizzati per effettuare la ricerca oggetto di questo capitolo.

Tabella I – Il numero di studenti che sono stati 'approvati all'esame di Licenza del biennio propedeutico all'Ingegneria' è confrontato, per anno accademico, con quello degli studenti che hanno conseguito la Laurea in Fisica, Fisica e Matematica, Matematica e Chimica. I dati sono presi dagli annuari della Regia Università degli Studi di Firenze.

	1923-24	1924-25	1925-26	1926-27	1927-28	1928-29	1929-30
Avviamento all'Ingegneria				17	24	12	24
Laurea in Fisica				1	4	5	3
Laurea in Fisica e Matematica							1
Laurea in Matematica			3	1	4	8	6
Laurea in Chimica	29	24	19	12	14	10	7

Tabella I – (continuazione).

	1930-31	1931-32	1932-33	1933-34	1934-35	1935-36	1936-37
Avviamento all'Ingegneria	18	18	24	21			
Laurea in Fisica	4	4	2	2	5	1	4
Laurea in Fisica e Matematica	1	3	1				
Laurea in Matematica	10	3	2	5	5	3	6
Laurea in Chimica	5	3	14	7	8	10	10

Tabella II – Il 76% degli studenti che, fino all'anno accademico 1933-34, hanno superato il biennio propedeutico di avviamento all'ingegneria, provenivano dall'area fiorentina; di questi si riporta la distribuzione percentuale tra i vari licei di Firenze.

Scuole fiorentine	%
Liceo Scientifico Leonardo da Vinci ¹	57%
Liceo Michelangelo ²	15%
Liceo Dante ³	14%
Liceo Galileo ⁴	11%
Altro	2%

¹ Nel settembre 1923 veniva istituito a Firenze il primo Liceo Scientifico. Il Liceo ebbe la prima sede in Via della Colonna, nei locali della soppressa Scuola Normale Complementare Carducci. Nel 1924 si spostò nei locali dell'ex Scuola Normale Tornabuoni alle Cure nel viale Regina Vittoria (l'attuale viale Don Minzoni) e fu intitolato a Leonardo da Vinci. Negli anni '50 la Provincia di Firenze provvide alla costruzione di un nuovo edificio che è l'attuale sede del Liceo.

² Il Liceo Classico Michelangelo si trova in via della Colonna. Fu fondato nel 1898 con sede nei locali del Convento di Santa Maria Maddalena.

³ Il Liceo Ginnasio Dante si trova a Firenze, in via Puccinotti, 55, affacciato su piazza della Vittoria, ed è una delle scuole più antiche della città. La sua fondazione, col nome di Liceo Fiorentino, risale al 30 settembre 1853, per decreto del granduca Leopoldo II. Nel 1859 esso ebbe sede nel palazzo Borghese in via del Palagio del Podestà, (oggi via Ghibellina), nel 1862 si trasferì nel palazzo Da Cepparello in via del Corso. Nel 1865 divenne Liceo Dante³, in occasione del sesto centenario della nascita di Dante Alighieri e trovò la sua sede attuale solo nel 1921.

⁴ Nel 1775 gli Scolopi, acquistarono l'edificio di via Martelli (sede attuale del Liceo-Ginnasio Galileo) e trasferirono lì la loro scuola, che ebbe immediato sviluppo. Nel palazzo gli Scolopi rimasero anche dopo la formazione del Regno d'Italia, ma spostarono altrove la scuola quando, nel 1878, cedettero una parte dell'edificio come sede di un Ginnasio Regio che prese il nome di «Galileo», al quale nel 1884 fu aggiunto anche il Liceo.

Tabella III – Distribuzione percentuale delle destinazioni raggiunte dagli studenti che hanno concluso il biennio di avviamento all'ingegneria fino all'a.a. 1933-34.

Destinazione	%
Politecnico di Torino	44%
Scuola di Applicazione di Pisa	18%
Politecnico di Milano	11%
Scuola di Applicazione di Bologna	11%
Scuola di Applicazione di Roma	7%
Scuola di Applicazione di Padova	2%
Scuola di Applicazione di Genova	1%
Altro	6%

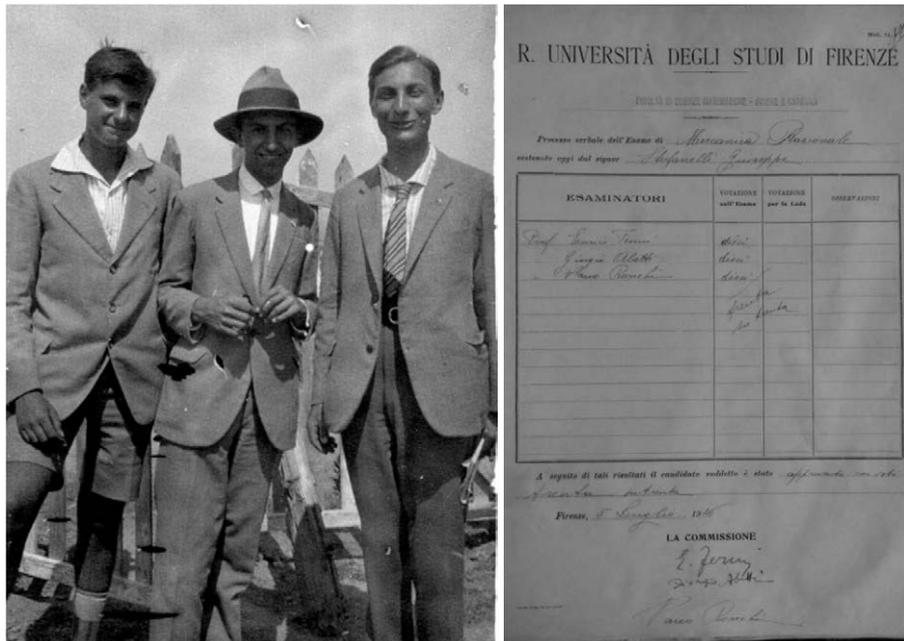
Tabella IV – Studenti, per anno accademico,, iscritti (compresi gli studenti fuori corso) all'Università di Firenze (UniFi), alla Facoltà di Scienze Matematiche, Fisiche e Naturali (SMFN) ed al biennio propedeutico per l'avviamento all'ingegneria (Ing); l'acronimo 'dnd' sta per 'dato non disponibile'.

a.a.	UniFi	SMFN	Ing	Ing/SMFN	a.a.	UniFi	SMFN	Ing	Ing/SMFN
1924-25					1948-49	9.349	1.166	dnd	-
1925-26	1.194	238	95	39,9%	1949-50	8.490	1.080	dnd	-
1926-27	1.272	267	110	41,2%	1950-51	8.579	1.144	dnd	-
1927-28	1.277	240	78	32,5%	1951-52	8.157	1.184	dnd	-
1928-29	1.285	201	65	32,3%	1952-53	8.296	1.180	dnd	-
1929-30	1.229	182	59	32,4%	1953-54	7.750	1.142	238	20,8%
1930-31	1.232	160	62	38,8%	1954-55	7.705	1.073	198	18,5%
1931-32	1.362	176	68	38,6%	1955-56	7.681	1.111	220	19,8%
1932-33	1.432	199	78	39,2%	1956-57	7.599	1.171	258	22,0%
1933-34	1.549	208	85	40,9%	1957-58	7.945	1.264	301	23,8%
1934-35	1.634	223	90	40,4%	1958-59	8.182	1.384	319	23,0%
1935-36	1.604	231	66	28,6%	1959-60	8.841	1.435	315	22,0%
1936-37	4.500	249	72	28,9%	1960-61	dnd	dnd	dnd	-
1937-38	4.726	281	85	30,2%	1961-62	9.763	1.549	364	23,5%
1938-39	5.758	362	126	34,8%	1962-63	10.491	1.603	345	21,5%
1939-40	6.429	499	163	32,7%	1963-64	10.714	1.695	390	23,0%
1940-41	7.577	737	254	34,5%	1964-65	11.382	1.706	399	23,4%
1941-42	dnd	dnd	dnd		1965-66	13.037	2.020	448	22,2%
1942-43	10.556	1.105	365	33,0%	1966-67	14.502	2.332	585	25,1%
1943-44	9.466	1.207	dnd	-	1967-68	15.880	2.673	611	22,9%
1944-45	8.863	1.265	dnd	-	1968-69	18.669	3.310	695	21,0%
1945-46	10.021	1.304	dnd	-	1969-70	21.904	3.215	752	23,4%
1946-47	10.264	1.173	dnd	-					
1947-48	10.271	1.141	dnd	-					

Tra gli studenti

In questa sezione è presentata una galleria di immagini – con una didascalia esplicativa – relativa ad una selezione di studenti che hanno seguito il biennio propedeutico per l'avviamento agli studi di Ingegneria nel decennio dal 1924 al 1934.

Alcuni studenti come Manlio Mandò (approvato all'esame di Licenza del biennio propedeutico all'Ingegneria nell'a.a. 1931-32) e Francesco Scandone (approvato all'esame di Licenza del biennio propedeutico all'Ingegneria nell'a.a. 1926-27) conseguirono poi la Laurea in Fisica. Li ritroviamo nella carriera accademica.



Giuseppe Stefanelli [Firenze, 10 giugno 1905 – Firenze, 18 ottobre 2009] (a destra) in una foto dell'agosto 1926 insieme a due amici. Giuseppe Stefanelli frequentò a Firenze il biennio di avviamento all'ingegneria, durante il quale sostenne, tra gli altri, l'esame di Meccanica Razionale con Enrico Fermi (titolare del corso), di cui nell'immagine di destra si riporta il verbale. Dopo essersi laureato in Ingegneria a Pisa, fu professore ordinario di Meccanica Agraria e Presidente dell'Accademia dei Georgofili dal 1977 al 1986 [per cortesia di Paolo Blasi].



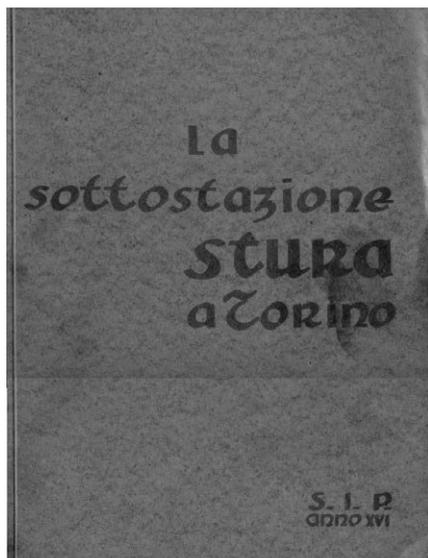
Ugo Piperno [Firenze, 24 febbraio 1908 – Milano, 31 marzo 1996], dopo il biennio propedeutico di studi a Firenze nel 1924-26, si laureò in Ingegneria Elettrotecnica presso il Politecnico di Torino a ventuno anni. Lavorò alla Autelco, società di telefoni ed apparecchi di precisione, con varie cariche. La società venne acquisita da GTE nel 1963 e fusa con la parte radio della Magneti Marelli (già diventata in precedenza GTE) diventando in Italia GTE-Telecomunicazioni (nella foto lo stabilimento a Cassina de Pecchi), di cui Piperno fu presidente dal 1974 al 1983. Piperno fu uno dei pionieri della produzione di fibre ottiche in Italia e Amministratore Delegato del Consorzio STS per le trasmissioni da satellite.



Una curiosità: Tito Tommaso Maria Brunetti [Firenze, 18 dicembre 1905 – Piacenza, 13 luglio 1954], dopo il biennio propedeutico di studi a Firenze nel periodo 1924-26, si laureò presso il Politecnico di Milano. Figlio di Giovanni Brunetti – che insegnò diritto civile all’Università di Firenze e fu Preside della Facoltà di Giurisprudenza – sposò la figlia di Rupprecht di Baviera (nella foto), Principe ereditario della Corona di Baviera.



Giampietro Martarelli [Verona, 7 giugno 1910 – Firenze, 20 gennaio 1987] – approvato all’esame di Licenza del biennio propedeutico all’Ingegneria nell’a.a. 1929-30 e laureatosi al Politecnico di Milano in Ingegneria Industriale – fotografato vicino alla locomotiva FS E626. Giampietro Martarelli ha lavorato dal 1934 al 1976 alle Ferrovie dello Stato, dove ha ricoperto l’incarico di Direttore del Compartimento di Firenze, è stato docente universitario e Presidente dell’Ordine degli Ingegneri della Provincia di Firenze dal 1960 al 1962. [per cortesia di Giancarlo Martarelli].



La copertina del libro *La sottostazione Stura a Torino* (Società Editrice Torinese, Torino, 1938) di Arnolfo Pernier, da cui è tratta la veduta panoramica riportata nella foto a destra. Arnolfo Pernier [Firenze, 28 aprile 1912 – ?, 1941] – figlio dell'archeologo Luigi Pernier – fu approvato all'esame di Licenza del biennio propedeutico all'Ingegneria nell'a.a. 1930-31 e si laureò al Politecnico di Torino. È stato ingegnere presso la Società Idroelettrica Piemontese (SIP).



Foto di Eugenio Curiel⁵ – approvato all'esame di Licenza del biennio propedeutico all'Ingegneria nell'a.a. 1930-31 – dall'Archivio Storico dell'Università di Firenze. Eugenio Curiel [Trieste, 11 dicembre 1912 – Milano, 24 febbraio 1945] è stato docente universitario, partigiano, direttore de *L'Unità* (1943-1944) e capo del 'Fronte della gioventù per l'indipendenza nazionale e per la libertà'. È Medaglia d'Oro al Valor Militare alla memoria.

⁵ Foto restaurata digitalmente dal gruppo *Image Analysis Processing and Protection* (IAPP), Laboratorio di Elaborazione dei Segnali e Comunicazioni (LESC), Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione.



Gualtiero Morpurgo [Ancona, 3 giugno 1913 – Milano, 29 settembre 2012] approvato all’esame di Licenza del biennio propedeutico all’Ingegneria nell’a.a. 1931-32. Morpurgo fu, con Mario Pavia, progettista e costruttore delle navi Fede e Fenice a bordo delle quali migliaia di sopravvissuti ai lager nazisti salparono alla volta della Palestina, all’epoca sotto mandato britannico, dal porto di La Spezia (da qui il nome di ‘porta di Sion’). Fu uno dei grandi protagonisti dei movimenti di emigrazione ebraica dall’Italia verso il nascente Stato di Israele e per questo fu premiato nel 1992 dal primo ministro israeliano Y. Rabin.



Giorgio Montecorboli – approvato all’esame di Licenza del biennio propedeutico all’Ingegneria nell’a.a. 1931-32 – si iscrisse alla Regia Scuola Navale Superiore di Genova. Montecorboli [Firenze, 3 gennaio 1912 – Auschwitz, ?] arrestato a Firenze e deportato nel campo di sterminio, non è sopravvissuto alla Shoah. [<http://www.nomidellashoah.it>]. Nella figura la lapide in cui compare il suo nome presso la Sinagoga di Firenze in via Farini [per cortesia della Comunità Ebraica di Firenze].

Tabella V – Componente femminile (F) degli studenti, organizzata per anno accademico, del biennio propedeutico per l'avviamento all'ingegneria. La colonna M&F si riferisce al numero complessivo degli iscritti. La documentazione non è disponibile per gli anni accademici non presenti in tabella.

a.a.	M & F	F	a.a.	M & F	F
1932-33	78	1	1959-60	315	2
1933-34	85	3	-	-	-
1934-35	90	1	1962-63	345	2
1935-36	66	1	1963-64	390	3
-	-	-	1964-65	339	3
1953-54	238	1	1965-66	448	1
1954-55	198	2	1966-67	585	2
1955-56	220	3	1967-68	611	1
1956-57	258	1	1968-69	695	3
1957-58	301	3	1969-70	752	2
1958-59	319	1	1970-71	920	6

La componente femminile

Per quanto riguarda la presenza della componente femminile tra gli iscritti al biennio per l'avviamento all'ingegneria, si segnala che la prima donna iscritta al biennio propedeutico per l'a.a. 1932-33 è Flora Bassi. Successivamente si iscrivono nell'a.a. 1933-34 sia Maria Biozzi sia Matilde Giachetti. Tutte e tre passeranno ad altro corso di laurea.

Negli anni accademici che vanno dal 1932-33 al 1970-71, l'impatto della componente femminile iscritta al biennio propedeutico all'ingegneria risulta dalla Tabella V.

Ordine degli studi

In questa sezione si prende brevemente in esame l'ordine degli studi fino all'anno accademico 1933-34 (ultimo anno in cui era previsto l'esame di Licenza del biennio propedeutico all'Ingegneria).

In particolare, nell'anno accademico 1924-25, l'ordine degli studi prevedeva il seguente piano:

Anno I

- Analisi matematica (Parte I) e relativi esercizi – prof. Francesco Tricomi
- Geometria analitica e proiettiva (con esercizi) – prof. Edgardo Ciani
- Fisica sperimentale – prof. Antonio Garbasso
- Chimica generale ed inorganica – prof. Luigi Rolla
- Disegno – prof. Raffaello Brizzi

Anno II

- Analisi matematica (Parte II) e relativi esercizi – prof. Francesco Tricomi
- Geometria descrittiva (con esercizi) – prof. Edgardo Ciani
- Fisica sperimentale – prof. Antonio Garbasso
- Esercizi di Chimica – prof. Luigi Rolla
- Disegno – prof. Raffaello Brizzi

Agli studenti viene inoltre consigliato di seguire il corso di Meccanica Razionale tenuto dal prof. Enrico Fermi.



Antonio Garbasso [Vercelli, 16 aprile 1871 – Firenze, 14 marzo 1933] tenne il corso di Fisica sperimentale fino all'a.a. 1932-33.

Tra i professori che si sono succeduti nell'insegnamento dell'Analisi matematica (che assumerà il nome di Analisi algebrica e di Analisi infinitesimale) vale la pena ricordare – oltre a Francesco Tricomi – Giovanni Sansone. Per l'insegnamento del corso di Meccanica Razionale si ricordano anche i nomi di Enrico Persico, Gilberto Bernardini e Bruto Caldonazzo.

Per quanto riguarda il piano di studi si evidenzia che negli anni successivi all'anno accademico 1924-25 si aggiungono come 'consigliati' gli esami di Mineralogia e di Geologia e come 'obbligatorio' l'esame di Meccanica razionale.

Fonti dell'Archivio Storico dell'Università di Firenze

- *Regio Istituto di Studi Superiori, pratici e di perfezionamento in Firenze, Sezione di Scienze Fisiche e Naturali. Registro della Carriera scolastica degli studenti. Vol. VI, VII, VIII*
- *Regia Università degli Studi di Firenze, Sezione di Scienze Matematiche, Fisiche e Naturali, Avviamento all'Ingegneria. Registro della Carriera scolastica degli studenti. Vol I, II, III*
- *Regia Università degli Studi di Firenze, Sezione Studenti, filza n. 546, inserto n. 14907, «fascicolo carriera universitaria di Tito Brunetti»*
- *Regia Università degli Studi di Firenze, Sezione Studenti, filza n. 561, inserto n. 15307, «fascicolo carriera universitaria di Eugenio Curiel»*
- *Regia Università degli Studi di Firenze, Sezione Studenti, filza n. 599, inserto n. 16394, «fascicolo carriera universitaria di Gualtiero Morpurgo»*
- *Regia Università degli Studi di Firenze, Sezione Studenti, filza n. 599, inserto n. 15395, «fascicolo carriera universitaria di Giorgio Montecorboli» Regia Università degli Studi di Firenze, filza n. 570, anno 1927, fasc. 94 «Circolari ministeriali»*
- *Regia Università degli Studi di Firenze, filza n. 668, anno 1936, fasc. 154 «Nuovo ordinamento didattico universitario»*
- *Regia Università degli Studi di Firenze, filza n. 653, anno 1937, fasc. 127 «Piani di Studio delle Facoltà e Programmi dei corsi di insegnamento»*
- *Regia Università degli Studi di Firenze, Annuari per l'anno accademico 1924-1925, Tipografia Galletti e Cocci, Firenze, 1925*
- *Regia Università degli Studi di Firenze, Annuari per gli anni accademici 1925-1929, (5 v.), Firenze, Stab. Tip. Già Chiari, succ. C. Mori, Firenze, 1926-1930*

- Regia Università degli Studi di Firenze, *Annuario per gli anni accademici 1930-1937* (7 v.), Stab. Grafico C. Ruffilli, Firenze, 1931-1937
- Regia Università degli Studi di Firenze, *Annuario per gli anni accademici 1937-1941* (4 v.), G.C. Sansoni Editore, Firenze, 1938-1942
- Regia Università degli Studi di Firenze, *Annuario per il biennio accademico 1941-1943* (4 v.), CYA Editore, Firenze 1942-1944
- Università degli Studi di Firenze, *Annuario per gli anni accademici 1943-1944 - 1952-1956*, (2 v.), Poligrafico Toscano, Firenze-Empoli, 1954-1957
- Università degli Studi di Firenze, *Annuario per gli anni accademici 1956-1971*, (11 v.), Editore dall'Ateneo Fiorentino, Firenze, 1960-1973

Sono inoltre disponibili le schede di ogni studente e la cartella dei documenti. Alcune cartelle risultano danneggiate dall'alluvione a Firenze del novembre 1966.



VILLA CRISTINA SUL COLLE DI MONTUGHI

Luca Brogioni

La 'sede storica' della Facoltà di Ingegneria è il complesso di Santa Marta sul colle di Montughi. Montughi è un colle della città di Firenze, a ridosso del centro verso nord. Montughi significa 'Monte degli Ughi' o 'Mons Ugonis', dalla famiglia Ughi che ebbe qui la residenza. La famiglia è citata da Dante Alighieri nella Divina Commedia (Paradiso, XVI, 88-90)

Io vidi li Ughi e vidi i Catellini.
Filippi, Greci, Ormani et Alberichi
già nel calare illustri cittadini

In origine Montughi era il colle dove c'è la chiesa di San Martino, poi il nome fu dato anche alla zona in cui si trova il Convento dei Cappuccini e la chiesa di San Francesco.

Nella zona in cui è situato attualmente il complesso di Santa Marta sede della Facoltà di Ingegneria era presente – alla fine dell'800 – Villa Cristina. La villa era situata entro un grande parco e, nel passato, il luogo dove essa si trovava era chiamato 'La Piazzola'. Si legge a pp. 115-116 del libro di Guido Carocci *I dintorni di Firenze* (Tipografia Galletti e Cocci, Firenze, 1881)

La Piazzola, *villa Pandolfina*. – Porta il nome di Villa Cristina ed appartiene al Principe Pandolfina di San Giuseppe, Senatore del Regno. È un grandioso edificio che sorge in mezzo a ricchi giardini dominando colla sua torricella le altre ville della collina. I Marchesi Gerini che la possedettero per più di due secoli, l'avevano resa un luogo di delizie ed avevano fatto dipingere la fabbrica a graffiti dei quali non si vede attualmente più traccia alcuna. In antico era d'una famiglia Dell'Accetta che la rivenderono ai Ridolfi. Due famiglie spagnuole Montoia e Astudillo la possedettero di poi, quindi fu dei Marchesi Baglioni che la vendevano l'anno 1647 ai Gerini

In seguito la villa divenne di proprietà di Christina Temple-Bowdoin, che le dette il nome. Nel 1880 la acquistò Ferdinando Monroy⁶, Principe di Pandolfina e di San Giuseppe, marito di Laura Temple-Bowdoin,

⁶ La famiglia Monroy o de Monroy è un'antica famiglia siciliana di ascendenze spagnole, insignita di vari titoli nobiliari, spesso ricordata perché ad essa appartenne il celebre condottiero spagnolo Hernán Cortés Monroy, che abbatté l'impero azteco e lo sottomise al Regno di Spagna.

sorella di Christina; poi i proprietari furono la Principessa Maria Wassilievna Woronzow (o Woronzoff) [Lettonia, 23 marzo 1819 – Nizza, 28 febbraio 1895], che si stabilì a Firenze nel 1884, ed il giornalista e politico Sir Henry Du Pré Labouchere⁷ [Londra, 9 novembre 1831 – Firenze, 15 gennaio 1912]. Successivamente la villa fu usata come albergo⁸, quindi passò alla Mensa vescovile ed in seguito vi fu istituito il Seminario dell'Arcidiocesi fiorentina.

Il Seminario Minore di Montughi – sede attuale della Facoltà di Ingegneria dell'Università di Firenze – fu voluto, poco tempo dopo il suo arrivo a Firenze, dal cardinale Elia Dalla Costa, considerata la situazione esistente. Mentre tutti gli studenti del liceo e della teologia erano stati riuniti al Seminario Centrale di Cestello, quelli delle classi ginnasiali erano divisi in tre sedi: Cestello, Collegio Eugenio, Convitto della Calza. Vale la pena ricordare – in questo contesto – che il Collegio Eugenio si trovava nei locali dell'antico 'Studio Fiorentino'⁹ (ovvero l'università aperta nel 1348 come *Studium Generale*) nell'omonima via a Firenze.

Il problema riguardava proprio questi alunni: c'era un'inutile frammentazione di superiori e di insegnanti e tutte e tre le sedi risultavano inadeguate e insufficienti.

Nel marzo del 1934 il cardinale Dalla Costa inviava una lettera pastorale intitolata *Il nuovo Seminario*. Il progetto dell'arcivescovo era di riunire in un'unica nuova sede tutti gli alunni del ginnasio. Nella lettera pastorale il cardinale scriveva:

Il nuovo Seminario, con la grazia di Dio, sorgerà dalle fondamenta, in comune di Firenze, in posizione salubre, sopra uno dei deliziosi declivi che mirabilmente coronano la città.

Il luogo prescelto per il nuovo Seminario Minore fu quello di villa Cristina sul colle di Montughi con attorno un vasto parco. Il progetto fu affidato all'ingegnere padovano Stanislao Ceschi, attivo rappresentante della FUCI e dell'Azione Cattolica, e approvato prontamente dagli uffici comunali diretti dall'ingegner Alessandro Giuntoli impegnato in un vasto programma di opere pubbliche di rinnovamento della città.

Nel maggio 1935 veniva solennemente benedetta la prima pietra del nuovo istituto. I lavori terminarono nel maggio 1937 e il nuovo Seminario, dedicato all'arcivescovo S. Antonino, cominciò il regolare funzionamento con l'anno scolastico 1937-38; gli alunni delle cinque classi ginnasiali erano 160, fra i nuovi entrati e quelli provenienti – oltre che dal Cestello – dal Collegio Eugenio e dal Convitto della Calza, i due vecchi seminari che in quello stesso anno 1937 furono chiusi.

Spazioso, luminoso, dotato delle migliori strutture, il nuovo Seminario Minore di Montughi fu ottima dimora per i seminaristi ginnasiali, ma solo per pochi decenni. Il progressivo ridursi del numero degli alunni nel dopoguerra, rese praticamente inutilizzato il grande edificio. Pertanto nel 1980 l'arcivescovo cardinale Giovanni Benelli vendette il Seminario di Montughi all'Università di Firenze, che ne ha fatto la sede della sua Facoltà di Ingegneria.

⁷ A. Labouchere-Thorold, *The life of Henry Labouchere*, Constable and Company Ltd, London, 1913.

⁸ Nell'Annuario Generale del Touring Club Italiano del 1929 a p. 451 si legge: «Pensione Villa Cristina, via S. Marta 26, cam. 25». Dagli archivi della Camera di Commercio di Firenze risulta che la Pensione Villa Cristina, il cui titolare era Frank Savage, è stata iscritta nei registri della Camera di Commercio in data 18 maggio 1925 e nel 1933 era ancora attiva; le notizie successive, comprese quelle relative alla cessazione, sono andate perdute in seguito all'alluvione di Firenze.

⁹ Vedi figura a pag. 1



Villa Gerini a Montughi come la vide nel settecento l'incisore Giuseppe Zocchi [© Trustees of the British Museum, Londra].



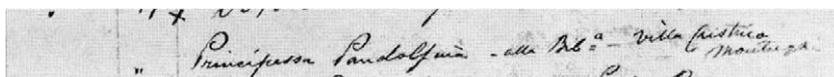
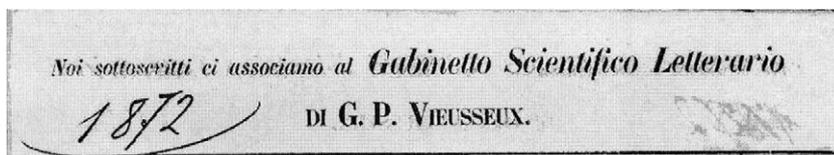
Lo stemma dei Marchesi Gerini, presente sulla facciata del loro palazzo in Via Ricasoli 42 a Firenze. I Marchesi Gerini comprarono la Villa – poi trasformata nel Seminario Minore di Montughi – dai Marchesi Baglioni di Perugia.



La tomba di Christina Temple-Bowdoin nel Cimitero degli Inglesi in Piazzale Donatello a Firenze. Si legge: «*Sacred to the memory of Christine Temple-Bowdoin who died at the Villa Christina near Florence the 14 day of may 1872*» (In memoria di Christine Temple-Bowdoin che morì a Villa Christina presso Firenze il 14 maggio 1872) [Chiesa Evangelica Riformata Svizzera].



Situazione precedente alla costruzione del Seminario Minore di Montughi: rilievo topografico della villa, degli annessi e del vasto parco; la villa è indicata come «Villa Cristina – Principe Giuseppe Pandolfini» [Archivio Storico del Comune di Firenze].



La firma della Principessa Pandolfina nel *Libro dei Soci del Gabinetto Vieusseux* (anno 1872). Accanto alla firma è visibile la residenza «Villa Cristina, Montughi» [per cortesia del Gabinetto Scientifico-Letterario G.P. Vieusseux].



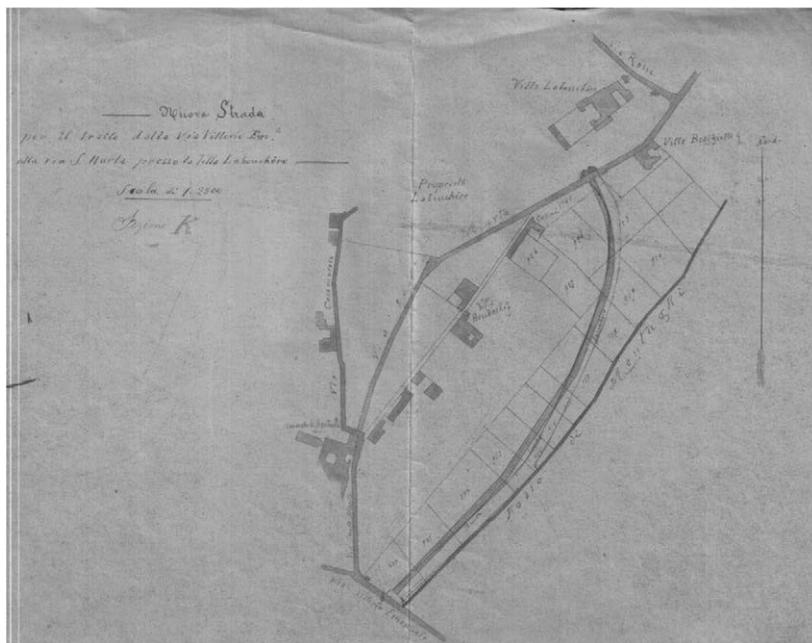
Il principe Ferdinando Monroy, principe di Pandolfina e di San Giuseppe [Palermo, 1814 – Palermo, 1897] è stato un politico italiano, fu nominato Senatore del Regno dopo l'Unità d'Italia da Vittorio Emanuele II. Abitò a Villa Cristina intorno al 1880. L'incisione è di Pietro Vajani.



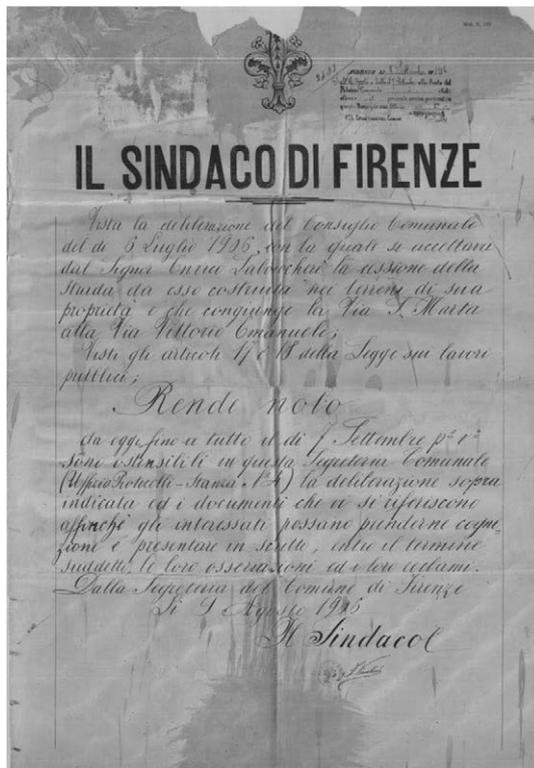
Ritratto – di Franz Xaver Winterhalter, datato 1858 – della Principessa Maria Wassilievna Woronzow.



Il quadro di Guido Reni *Il martirio di Santa Apollonia* [«Vendita a Firenze in seguito al decesso e per conto degli eredi di Sua Altezza la principessa Maria Wassilievna Woronzow e di suo figlio, gentiluomo di corte di Sua Maestà l'imperatore di Russia, Nicola Stolypine, duca di Montelfi», Villa Woronzow, 9-16 maggio 1900. Impresa di vendite in Italia di Giulio Sambon].



Mappa catastale con l'indicazione della nuova strada realizzata da Enrico Labouchere per congiungere via Santa Marta a via Vittorio Emanuele (la futura via Guglielmo Massaia).



Il 9 agosto 1906 il Sindaco di Firenze rende nota la delibera del Consiglio Comunale con cui il Comune di Firenze accetta la cessione, da parte di Enrico Labouchere, della strada da lui costruita, su terreno privato, per la congiunzione di via Santa Marta e via Vittorio Emanuele.



(Ed. Brogi) 9039. CONTORNI DI FIRENZE - Montughi - Villa di Sir Labouchere.

Villa di Sir Labouchere (Villa Cristina) a Montughi nei dintorni di Firenze [Archivi Alinari-Archivio Brogi, Firenze].

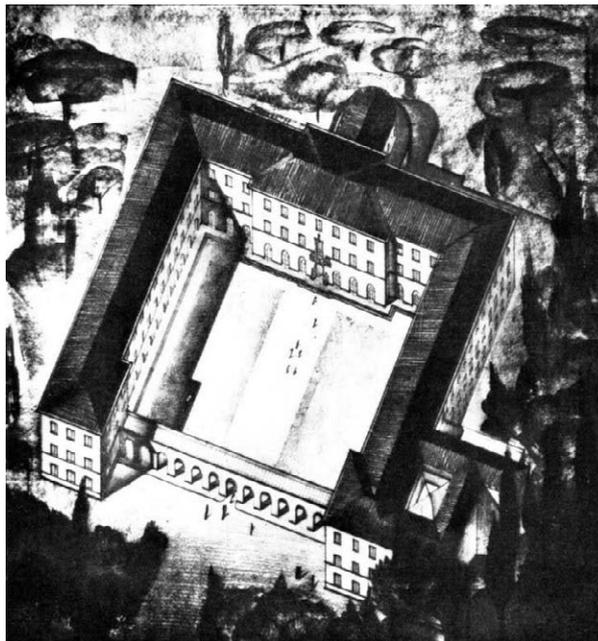


(Ed. Brogi) 9073. CONTORNI DI FIRENZE - Montughi - Salone della Villa di Sir Labouchere.

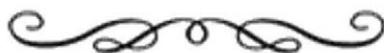
Veduta del sontuoso salone della villa di Sir Labouchere (Villa Cristina) a Firenze. [Archivi Alinari-Archivio Brogi, Firenze].



L'ingresso di Villa Cristina in una cartolina degli anni 1920-30 [Collezione Giannini].



Visione generale del nuovo Seminario Arcivescovile [Caratteristiche e proprietà tecniche del nuovo Seminario arcivescovile di Firenze, «Firenze, rassegna del Comune», anno VI, n. 6, giugno 1935, pp. 177-179, disponibile anche on line all'indirizzo: <<http://rivistestoriche.comune.fi.it>>].



L'INGEGNERE QUANTISTICO

Massimiliano Pieraccini¹⁰

La moderna elettronica è interamente basata sui semiconduttori, materiali le cui proprietà si spiegano solo sulla base della statistica quantomeccanica elaborata da Enrico Fermi. Gli studenti di ingegneria di tutto il mondo, fin dal loro primo corso di elettronica, imparano a utilizzare la cosiddetta 'Energia di Fermi' per l'analisi del comportamento delle giunzioni tra semiconduttori di diverso drogaggio. Ma certo ben pochi di loro sanno che questo fondamentale concetto fu scoperto dal giovane Enrico Fermi nei due anni in cui insegnò a Firenze alla Facoltà di Scienze e al biennio di Ingegneria, prima di essere chiamato a Roma dal ministro Orso Mario Corbino a costituire quello straordinario gruppo di fisici che sarebbe passato alla storia come i 'ragazzi di via Panisperna'.

Il periodo fiorentino di Fermi è forse il meno noto della vita del grande scienziato, ma è fondamentale per capirne il carattere e la formazione. A questo proposito di grande interesse sono le lettere che Fermi ha scambiato fin dal 1917 con l'amico di infanzia Enrico Persico. Questa corrispondenza è una preziosa finestra sulla personalità di un uomo altrimenti di carattere schivo, ben poco incline all'espressione diretta dei propri sentimenti. Sono disponibili otto lettere spedite da Firenze, ma sarebbe una straordinaria scoperta

¹⁰ *L'ingegnere quantistico* è stato pubblicato anche sulla rivista «Il colle di Galileo», Firenze University Press, Firenze.

storiografica scoprirne una nona, magari scritta proprio nei giorni cruciali della scoperta che avrebbe rivoluzionato la storia della tecnologia. Una lettera datata 11 gennaio 1926.

Firenze-Arcetri, 11 gennaio 1926

Caro Enrico¹¹

ti scrivo seduto alla cattedra dell'aula dove tra qualche minuto terrò il mio corso di 'Meccanica razionale' agli studenti di Scienze e di Ingegneria¹².

A Firenze in questi giorni ci sono temperature glaciali. Il termometro segna tre gradi ma, come mi ha avvertito Garbasso¹³ fin dal giorno del mio arrivo all'Istituto, se decidessimo di riscaldare l'edificio d'inverno esauriremmo la dotazione finanziaria annuale in meno di un mese e allora, veramente, non avremmo di che fare il più semplice esperimento di Fisica.

Stamattina mi sono alzato prima dell'alba e ho passeggiato a lungo per le strade deserte della città prima di arrivare in Piazza San Marco¹⁴. Sentivo il bisogno di schiarirmi le idee: l'articolo di Pauli su «Z. Physik»¹⁵ mi ha sconvolto e depresso. Avevo cominciato a riflettere sulla questione dell'entropia di un gas perfetto fin dal mio soggiorno a Leida¹⁶, ma continuava a sfuggirmi una qualche regola generale su come contare gli atomi nello spazio delle fasi. Ed ora Pauli l'ha trovata. Una regola semplicissima, ovviamente, e io mi sento uno stupido completo. A cosa è servito dedicare ogni mia energia alla Fisica per tutti questi anni? Forse è il coraggio che mi manca. Dovevo osare, formulare quella maledetta regola, e invece l'ha fatto lui. Quando l'ho incontrato a Gottinga¹⁷, quasi non mi voleva stringere la mano, troppo impegnato a 'non' voler capire la Fisica con Born, Heisenberg e Jordan. Perché ciò di cui ragionano loro non è più Fisica, è zoologia dei termini spettroscopici o, peggio, pura filosofia! E quella è una lingua che proprio non riesco a comprendere. Pauli una sera, più ubriaco del solito, mi ha chiamato 'ingegnere quantistico'. E forse ha ragione lui. Non sono adatto all'astrazione di questa nuova Fisica. Io sono e rimango il figlio di un ferroviere, un bambino che si è rifugiato nello studio della matematica e della Fisica per non pensare ai lutti della propria famiglia¹⁸.

Scusami, caro amico mio, per questo sfogo. Vorrei tu fossi qui. Come al solito mi sento molto solo. Nessuno qui capisce qualcosa di Fisica moderna: a Firenze la scienza è ostinatamente ferma al 1820¹⁹. Rasetti²⁰ è l'unico con cui posso parlare. Ma è così strano. Non ha ambizioni né veri interessi in Fisica. Sparisce per settimane e torna con collezioni di foglie e minerali. Passa le giornate a cucinare piatti esotici e a parlare degli usi e della filosofia indiani. Ma quando è in laboratorio fa cose strabilianti, che mi fanno

¹¹ Enrico Persico, compagno di scuola di Enrico Fermi a Roma, rimase in costante contatto epistolare con l'amico per molti anni. Nel 1927 Persico vincerà la cattedra di Fisica Teorica proprio a Firenze.

¹² Dal 1924 era stato istituito il biennio propedeutico di Ingegneria presso la Facoltà di Scienze Fisiche e Naturali della Regia Università di Firenze.

¹³ Antonio Garbasso, all'epoca direttore dell'Istituto di Fisica della Regia Università degli Studi di Firenze, sindaco di Firenze e senatore del Regno d'Italia.

¹⁴ Le lezioni si tenevano in via Piazza Marco, 2 oggi sede del Rettorato. Enrico Fermi era domiciliato in Via del Pian dei Giullari 63 (oggi via Guglielmo Righini, 2) sul colle di Arcetri, in uno stabile dell'Università nei pressi dell'Istituto di Fisica. Piazza San Marco, nel centro storico di Firenze, dista da Arcetri circa 4 Km.

¹⁵ *Über den Zusammenhang des Abschlusses der Elektronengruppen im Atom mit der Komplexstruktur der Spektren*, «Zeitschrift für Physik», 31, pp. 765-783. In questo articolo Wolfgang Pauli formula l'enunciato, oggi noto come 'Principio di esclusione di Pauli', che valse al suo autore il Premio Nobel nel 1945.

¹⁶ Nel 1924, Enrico Fermi trascorse alcuni mesi a Leida ospite del prof. Paul Ehrenfest, che incoraggiò moltissimo il giovane scienziato spingendolo a approfondire i suoi studi di spettroscopia e meccanica statistica.

¹⁷ Nell'inverno del 1923 E.F. grazie a una borsa di studio del Ministero dell'Istruzione, visitò l'istituto di Max Born a Gottinga, all'epoca uno dei maggiori centri di ricerca del mondo, dove stava compendosi la rivoluzione scientifica di quegli anni. Disgraziatamente sembra che Enrico Fermi non riuscisse ad affittarsi in questo ambiente straordinario né a interagire con i suoi coetanei.

¹⁸ Il fratello maggiore di Enrico Fermi muore all'età di 15 anni durante un'anestesia, la tragedia sconvolse la madre che muta di carattere manifestando frequenti crisi depressive. La morte della madre nove anni dopo fu un ulteriore grave colpo. Enrico Fermi rimase segnato per sempre da questi eventi che lo resero taciturno e poco incline a esprimere le proprie emozioni.

¹⁹ Malgrado l'evidente ritardo in campo scientifico di Firenze in quegli anni, l'anno successivo con la nomina di Enrico Persico a professore di Fisica Teorica, l'istituto fiorentino diviene presto uno dei più avanzati centri di ricerca nel campo della nascente Fisica quantistica, in stretta collaborazione con il gruppo di Roma. Per alcuni anni gli atenei di Roma e Firenze saranno gli unici in Italia a impartire insegnamenti di fisica moderna.

²⁰ Franco Rasetti, compagno di università di Enrico Fermi, lo seguì a Firenze e poi a Roma. Fu uno dei più importanti protagonisti del gruppo di via Panisperna. Nel 1939, in seguito alla situazione politica italiana, emigrò in Canada. Non collaborò mai allo sforzo bellico degli Alleati e progressivamente passò agli studi naturalistici, guadagnandosi una discreta notorietà scientifica come paleontologo.

ammutilire per ingegno e fantasia. Se non ci fosse lui, sarei veramente perso in questo Istituto così misero e male attrezzato. È una ben triste condizione la mia: superato nella teoria da un ubriacone tedesco e nella pratica dal mio stesso compagno di laboratorio.

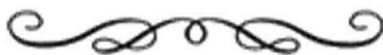
Se almeno si risolvesse la questione del concorso! Prima tutto era fermo perché non uscivano le nuove norme ministeriali. Quando sono state pubblicate è venuto fuori il problema della commissione. Corbino²¹ e Garbasso dovrebbero essere sicuri, ma certo lo stesso non si può dire per gli altri membri. Maiorana²², Somigliana e Maggi sono i più probabili²³, ma non voglio neanche pensare all'ipotesi Lo Surdo²⁴! Intanto ho fatto domanda anche per Fisica matematica a Cagliari²⁵. Con tutta questa incertezza sul concorso di Roma, meglio avere un fucile con due canne, benché non mi sorrida particolarmente l'idea di andare a finire nelle isole.

Malgrado lo sconforto, ma forse a maggior ragione, in questi giorni ho lavorato intensamente all'idea di Pauli (che certo avrei potuto avere io, se solo avessi avuto ancora un po' di tempo) applicandola alla quantizzazione di un gas perfetto monoatomico. Vorrei riuscire a presentare un lavoro alla riunione dell'Accademia dei Lincei che si terrà tra qualche giorno²⁶. Sono convinto che gli atomi di un gas possano essere trattati in modo quantistico ed ora, dopo l'intuizione di Pauli, posso calcolarne la statistica. Magari ne viene qualcosa di buono da pubblicare anche su «Zeitschrift für Physik»²⁷.

Saluti affettuosi a te e alla tua mamma e arrivederci a presto.

Enrico Fermi

P.S. (13 gennaio 1926) In questi giorni sono stato troppo impegnato nei calcoli della mia statistica e non ho avuto il tempo di spedire questa lettera. Rileggendola, credo proprio che non la spedirò più²⁸.



'LA DELIBERA' OVVERO UN RACCONTO BREVE

All'inizio degli anni 2000, durante i lavori di ristrutturazione della Facoltà di Ingegneria, venne rinvenuto un pregevole manoscritto che taluno vorrebbe attribuire alla penna giovanile di Franz Kafka, forse concepito durante il periodo fiorentino dello scrittore.

Il racconto, prendendo a pretesto una vicenda di un Consiglio di Facoltà, bene descrive il senso di smarrimento e di angoscia dell'individuo davanti alla fatale concatenazione di eventi apparentemente paradossali che, alimentandosi della complessità degli apparati pubblici e delle relative normative, finiscono per divenire ineluttabilmente tangibili e reali.

²¹ Orso Mario Corbino, all'epoca professore di Fisica Sperimentale, senatore del Regno, già titolare dei dicasteri della Pubblica Istruzione e dell'Economia Nazionale. Con la chiamata di Enrico Fermi a Roma, Corbino sarà il principale organizzatore e protettore del gruppo dei 'ragazzi di Via Panisperna' che per una breve stagione portò la fisica italiana all'apice della scienza mondiale.

²² Quirino Majorana, zio di Ettore Majorana il grande fisico teorico del gruppo di Via Panisperna, scomparso in circostanze misteriose nel 1938.

²³ Dopo varie vicissitudini, la composizione finale della commissione fu: Corbino, Garbasso, Cantone, Majorana, Maggi.

²⁴ Antonino Lo Surdo, professore di Fisica Sperimentale a Roma, avversario politico di Garbasso e di Enrico Fermi. In seguito aderì entusiasticamente ai programmi politici e razziali del regime, rigettando gli sviluppi della fisica 'giudea'.

²⁵ La commissione del concorso di Cagliari, i cui atti furono pubblicati nel marzo 1926, giudicò Enrico Fermi maturo per la cattedra, ciò nonostante quando si venne a formare la graduatoria per la terna non si raggiunse l'unanimità. Enrico Fermi visse ciò come una profonda ingiustizia e per molti anni non dimenticò né il concorso né i giudici.

²⁶ *Sulla quantizzazione del gas perfetto monoatomico*, «Atti dell'Accademia dei Lincei», 3, 1926, pp. 145-149.

²⁷ *Zur Quantelung des idealen einatomigen Gases*, «Zeitschrift für Physik», 36, 1926, pp. 902-912. Si tratta di uno dei maggiori contributi di Enrico Fermi. Per la prima volta si introduce una formulazione quantistica che descrive il comportamento di un gas, oggi universalmente nota come 'Statistica Fermi-Dirac'. La moderna elettronica dei semiconduttori si basa su questo risultato, come ben sanno gli studenti di ingegneria di tutto il mondo.

²⁸ In effetti questa lettera non è compresa nella corrispondenza che Enrico Persico mise a disposizione degli studiosi dopo la morte di Enrico Fermi nel 1954.

Indipendentemente dall'attribuzione, i temi del racconto si inscrivono nel contesto letterario dello scrittore praghese e rappresentano una testimonianza che i curatori volentieri hanno inserito in questa pubblicazione.

Un particolare ringraziamento va al prof. Gianfranco Manes che ha ritrovato il manoscritto e ne ha curato la traduzione dal 'boemo' all'italiano, sottoponendola alla supervisione di illustri giuristi.

Il Consiglio di Facoltà si trascinava stancamente verso la fine, in quel tiepido pomeriggio di primavera. In parte per lo scarso interesse degli argomenti di quello scorcio di seduta, in parte per l'inevitabile rilassamento che l'arrivo della primavera provocava nei non più giovanissimi membri del Consiglio, tutti attendevano solo che il Preside pronunciasse le rituali parole «non essendovi altro da deliberare la seduta è sciolta».

L'interesse del consesso si risvegliò all'improvviso quando il professor Kappa chiese la parola. Tutti sapevano, per lunga esperienza, che gli interventi di Kappa erano sempre forieri di problemi e difficoltà, incentrati com'erano su questioni procedurali, basate su sottili interpretazioni di leggi e regolamenti che egli, forse unico fra tutti i colleghi, conosceva a menadito e di cui si serviva magistralmente.

«Signor Preside, colleghi», esordì Kappa, con quell'aria da gatto che ha appena acchiappato il topo che tutti conoscevano fin troppo bene, «Vorrei attirare la Vostra attenzione sulla composizione e sulla legittimità di questo Consiglio». E qui il nostro prese a citare leggi e decreti, regolamenti e norme attuative, interpretazioni e pareri, in un carosello di argomentazioni che lasciarono frastornato l'uditorio, il quale non capiva bene dove si volesse andare a parare.

Tutto fu chiaro quando Kappa espose la sua conclusione, tanto imprevedibile quanto drammatica nelle sue conseguenze. Il Consiglio, argomentava Kappa con logica stringente, in effetti non è costituito e non ha autorità deliberativa in quanto, essendo stata modificata la sua composizione nel corso degli anni, non si è mai provveduto, con apposite delibere, a legittimarne la composizione.

«Vero è», continuò il Kappa, «che il Consiglio potrebbe, con apposita delibera, restituire a se stesso legittimità. Tale delibera, tuttavia, sarebbe facilmente impugnabile in quanto assunta da un organo che, in mancanza delle necessarie delibere precedenti non sarebbe legittimato a deliberare».

Un pesante silenzio calò a questo punto sul Consiglio. Sguardi sbigottiti si incrociavano a destra e sinistra denotando in tutti i presenti una seria preoccupazione, determinata più dalla ben nota abilità dialettica dell'oratore, che dalla effettiva consistenza dei rilievi.

Fu il Preside a rompere quell'imbarazzante silenzio. Non gli fu difficile individuare una possibile soluzione e si affrettò a proporla anche per evitare che la situazione, già potenzialmente esplosiva potesse ulteriormente degenerare.

«Cari Colleghi» iniziò, «Indipendentemente dalle considerazioni fatte dall'amico Kappa, penso che il problema sia facilmente risolvibile. Se nessuno solleva la questione in maniera ufficiale, infatti, potremo cercare una soluzione non traumatica, d'accordo con gli Uffici».

L'atmosfera divenne immediatamente rilassata e gli sguardi sbigottiti lasciarono spazio a sorrisi di sollievo. «Penso sarete d'accordo nel non verbalizzare alcunché e nel darmi mandato ufficiale di risolvere la questione» concluse il Preside.

In quel mentre prese la parola Kappa. «Io intendo mettere a verbale quanto ho detto ed a questo proposito ho preparato una lettera che consegno formalmente al Preside perché venga allegata agli atti» esordì. Così dicendo estrasse da una voluminosa cartellina piena di carte e documenti che portava sempre con sé alcuni fogli pieni di fitti caratteri. «Nessuno pensi che io sia disponibile a far cadere la cosa, anzi sarà mia cura seguirne l'iter, passo passo, fino alla sua inevitabile conclusione» concluse.

«Quale sarebbe questa conclusione?», chiese timidamente uno dei colleghi più giovani.

Kappa si volse lentamente verso di lui, lo squadrò con il suo sguardo penetrante e disse: «Lo scioglimento definitivo di questo Consiglio, naturalmente, la destituzione dei suoi membri e la chiusura di questa Facoltà».

Non fosse stato per le precedenti esperienze in cui Kappa non aveva mancato di far valere la sua disinvolta padronanza delle leggi nessuno gli avrebbe dato credito, tanto assurda appariva la sua posizione. In questo caso, tuttavia, era bastata una semplice occhiata del Preside alla sua lettera per capire che i suoi argomenti dovevano essere tutt'altro che inconsistenti e le sue minacce tutt'altro che vane.

Il Preside decise di prendere tempo e sciolse la seduta. Con calma, il giorno successivo, cominciò ad esaminare attentamente la documentazione prodotta da Kappa. Più procedeva nella lettura e più aveva la sensazione che qualcosa di inevitabile e di drammatico stesse per accadere, anche perché il Kappa chiedeva la convocazione di un nuovo Consiglio di lì ad una settimana per procedere alla attuazione di quanto aveva minacciato.

Seguirono giorni di frenetiche consultazioni con gli uffici legali, sollecitando anche il parere di insigni giuristi. Più la materia veniva dibattuta e più sembrava chiaro che, per una serie di circostanze irripetibili, si era sciaguratamente verificata una sequenza di eventi tanto rari, quanto subdoli, che avevano portato all'effettiva delegittimazione del Consiglio di Facoltà. Era uno di quei paradossi giuridici che raramente si verificano, per cui un insieme di norme tra loro contraddittorie, mostruosamente, finisce per contrapporsi, irreversibilmente, alla stessa volontà dei legislatori.

Un paradosso che nessuno avrebbe mai portato alla luce, non fosse stato per Kappa. Egli invece, come un abile segugio, aveva fiutato la situazione e lavorato nella giusta direzione.

Arrivò il tanto temuto giorno del Consiglio, quello in cui si sarebbe potuti giungere addirittura alla chiusura della Facoltà, senza che nessuno avesse saputo trovare una soluzione.

Il Preside illustrò, mestamente, l'unico punto all'ordine del giorno: «Chiusura della Facoltà per delegittimazione del Consiglio».

Fu perfino chiamato il decano, ormai in pensione, uomo di grande cultura e di indubbio prestigio nella speranza, purtroppo vana, che la sua presenza potesse indurre il Kappa a recedere dalla sua intransigente posizione. Tutto sembrava inutile ed il Preside si vedeva costretto, suo malgrado, a procedere verso la inevitabile conclusione, che avrebbe sancito l'autodistruzione della Facoltà e di tutto ciò che rappresentava.

Incalzato dall'inesorabile Kappa, l'efficacia della cui sottile logica giuridica cresceva proporzionalmente allo scoramento dei presenti, il Preside si vedeva ormai trascinato verso la fatale conclusione quando, ad un tratto, si spalancò la porta.

Tutti si voltarono di scatto e videro apparire nel vano della porta, trafelato, il Presidente, uomo tanto integerrimo quanto appassionato alle vicende della Facoltà, che aveva vissuto, in modo ancora più traumatico di tutti gli altri suoi Colleghi, quelle drammatiche giornate.

Si capiva che doveva aver corso a precipizio per giungere in tempo, tanto convulsi erano i suoi tentativi di profferire qualche parola. Il Preside gli corse incontro per soccorrerlo e poté udire solo un flebile suono provenire dalle sue labbra: «Cartesio, Cartesio...».

Deve evidentemente trattarsi di uno stato confusionale, pensò il Preside e tornò sconcolato al tavolo della presidenza.

Così anche le flebili speranze di un colpo di scena all'ultimo minuto dovettero lasciare spazio allo sconforto.

Il Presidente, tuttavia, fece cenno di voler chiedere la parola ed essendosi ripreso, dopo qualche minuto pronunciò il suo intervento nel silenzio generale.

Fu subito chiaro il riferimento a Cartesio che il Presidente aveva fatto. Il suo acuto ragionamento, infatti, istituiva un dotto parallelismo tra il dubbio Cartesiano e quello del collega Kappa per concludere, con magistrale sintesi, che come il *Cogito ergo sum*, anche il *Delibero ergo sum* avrebbe dovuto costituire una prova inoppugnabile di esistenza.

Alla fine della sua dotta perorazione estrasse dalla tasca, con misurata lentezza, proprio la delibera con la quale il Kappa era stato chiamato e, con una logica stringente quanto sottile argomentò: «Caro Kappa, se questa delibera è valida, essa conferma *illa ipsa* l'esistenza del Consiglio. Se, viceversa non fosse valida, tu stesso non avresti titolo a sedere in mezzo a noi e le tue eccezioni verrebbero automaticamente cassate».

Un corale urlo di gioia liberatoria uscì dalle gole degli astanti, alla fine dell'esposizione, al punto da indurre lo stesso custode ad affacciarsi nell'aula.

Sembrava la fine di un incubo e, insieme, la nemesi dell'inesorabile persecutore.

Quando i clamori si furono placati, Kappa, che nel frattempo era rimasto in disparte quasi assente, chiese la parola. «Molto abile, caro Presidente, ma avevo previsto questa mossa» esordì con un lampo di trionfo negli occhi.

Così dicendo estrasse fulmineamente dalla sua inseparabile cartella, quella da cui non si separava mai, un nuovo documento e lo consegnò al Preside. «Chiedo di allegare al verbale questa mia lettera, che comprova in modo inequivocabile il mio diritto a partecipare a questo Consiglio, indipendentemente da qualsiasi delibera», esclamò con lo sguardo trionfante dell'abile solutore di cruciverba che completa, con l'ultima parola, la sua ardita costruzione verbale.

Fu esattamente in quel momento che il Preside si svegliò, ansimante e madido di sudore. Seduto sul letto si guardò intorno e riconobbe la sua camera dal letto, scivolò in cucina, silenziosamente per non svegliare sua moglie, ancora addormentata.

Riacquistata la lucidità capì che si era trattato solo di un incubo notturno: di sicuro quei maledetti funghi fritti, si disse. Tornò a letto e, rassicurato, riprese a dormire.

La mattina dopo, come ogni giorno, si recò in Facoltà. Tutto gli sembrava più gradevole ed accettabile quella mattina, perfino la lunga coda per i lavori in corso.

Come sempre accade, rifletté, il timore di perdere ciò che più si ama ne aumenta la considerazione. Questo valeva a maggior ragione per lui che si era sempre identificato con quella Facoltà e con ciò che rappresentava. Entrando dal cancello vide il flusso degli studenti che si recavano a lezione: un rassicurante cuore pulsante attraverso cui scorreva la vita della sua Facoltà.

Scoprì di essere contento per il fatto che tutto continuava come prima. Ripensò all'incubo della notte prima e ne rise di cuore.

Entrò nell'ufficio della Presidenza e rispose, sorridendo, al saluto delle segretarie.

Si affacciò alla porta della sua stanza e vide il professor Kappa, compostamente seduto davanti alla scrivania con un gelido sguardo negli occhi. Aveva una lettera in mano.

DAL BIENNIO AL TRIENNIO DEGLI STUDI DI INGEGNERIA

La nascita della Facoltà nell'a.a. 1970-71 ha sancito definitivamente il passaggio del biennio al triennio di ingegneria. Per molti anni agli studenti interessati agli studi di ingegneria fu consentito di iscriversi al terzo anno delle Facoltà di ingegneria italiane e soddisfare così la richiesta di laureati in ingegneria nell'area fiorentina.

Il biennio propedeutico di ingegneria fu attivato nell'anno 1924 in seno alla Facoltà di Scienze Fisiche e Naturali, subito dopo l'istituzione del corso di laurea in Matematica. Da allora la Facoltà prese il nome di Facoltà di Scienze Matematiche, Fisiche e Naturali ed ebbe la licenza per il biennio propedeutico agli studi di ingegneria. Gli studenti del biennio di ingegneria erano in numero limitato, dell'ordine delle due decine, e seguivano i corsi in comune con gli altri indirizzi della Facoltà di Scienze. I corsi del biennio propedeutico presentavano al loro interno alcune diversificazioni per gli allievi ingegneri, che consentivano agli studenti di raggiungere una preparazione più idonea al successivo triennio di ingegneria. Fra i docenti della Facoltà di Scienze c'è da ricordare innanzitutto Giovanni Sansone, che si era preso carico dell'insegnamento dell'analisi matematica e che, in seguito ad incontri con i suoi allievi fiorentini che si erano laureati in ingegneria nelle altre sedi, aveva dato a questo corso una impronta applicativa.

Da allora il biennio preparò i futuri ingegneri dell'area fiorentina che avrebbero frequentato in genere le scuole di Pisa e di Bologna o i politecnici di Milano e Torino. La preparazione che gli allievi ricevettero dal corpo docente formato da nomi di grande prestigio come, oltre al già citato Giovanni Sansone, Bruto Caldonazzo, Luigi Campedelli, Guido Carobbi, Simone Franchetti, Manlio Mandò, Giorgio Sestini, Demore Quilghini, Gaetano Villari, Curzio Cipriani contribuì a confermare l'alta considerazione di cui la Facoltà di Scienze Matematiche, Fisiche e Naturali e il suo biennio propedeutico all'ingegneria hanno sempre goduto.

La Facoltà di Ingegneria di Firenze ereditò dal biennio la tradizione di rigore didattico e serietà scientifica. Con l'avvio del triennio si formarono i nuovi istituti. Nel marzo 1972 furono creati i primi tre:

- Istituto di Ingegneria Meccanica, sotto la direzione del prof. Demore Quilghini;
- Istituto di Ingegneria Elettronica, sotto la direzione del prof. Antonio Zanini;
- Istituto di Ingegneria Civile, sotto la direzione del prof. Lando Bartoli.

Solo il mese successivo, nell'aprile 1972, furono creati gli altri due istituti:

- Istituto di Chimica Applicata, sotto la direzione dell'ing. Baldo Tesi;
- Istituto di Matematica Applicata, sotto la direzione del prof. Gaetano Villari.

Nel giugno del 1972 l'Ateneo approvò i primi tre istituti, mentre gli altri due furono approvati nel settembre.

L'attività didattica relativa al biennio fu svolta nell'edificio prefabbricato di viale Morgagni, mentre quella relativa al triennio ebbe inizio presso la sede di Santa Marta, che era stata acquisita dall'Ateneo proprio per la completa sistemazione della Facoltà di Ingegneria. In attesa del completo utilizzo dell'edificio di Santa Marta, alcuni degli studi dei docenti del biennio furono sistemati nel prefabbricato di viale Morgagni.

La trasformazione degli istituti in dipartimenti ebbe luogo nella seconda metà degli anni ottanta.

Dall'Istituto di Ingegneria Civile al Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale

La prima struttura del biennio fu l'Istituto di Disegno, diretto dal prof. Raffaello Brizzi dal 1926 al 1946 e quindi dal prof. Lando Bartoli.

All'inizio dell'anno accademico 1972-73, l'Istituto di Disegno assumeva il nome di Istituto di Ingegneria Civile, rendendo così possibile la confluenza in esso della Scienza delle Costruzioni e l'Idraulica,

già facenti capo all'Istituto di Meccanica Applicata, e di tutte le materie ingegneristiche e architettoniche dell'omonimo corso di laurea. Primo direttore del nuovo Istituto fu confermato il prof. Lando Bartoli, che successivamente lasciò la direzione al prof. Filippo Zoccoli, straordinario di Costruzioni Idrauliche. Durante questo periodo, la maggiore attenzione dell'istituto fu volta all'organizzazione della attività didattica del corso di laurea in Ingegneria Civile, che ebbe i suoi primi laureati nell'aprile 1975. Non si trascurò però di porre la base per lo sviluppo dell'attività di ricerca teorica e sperimentale; fu infatti impiantato, grazie alla collaborazione delle Officine Galileo, uno dei più attrezzati laboratori italiani di topografia e fotogrammetria; contemporaneamente si effettuarono i primi acquisti di quelli che dovevano diventare i Laboratori di Strutture, di Idraulica, di Geotecnica e di Costruzioni stradali. Nel 1975, a seguito del trasferimento a Bologna del prof. Filippo Zoccoli, la direzione dell'istituto passò al prof. Giuliano Augusti, e quindi nel 1981 al prof. Franco Angotti. Questo periodo segnò lo sviluppo ulteriore dell'istituto, grazie anche all'acquisizione di nuovi locali.

Furono acquisite le prime attrezzature per la sperimentazione su prototipi strutturali e della galleria del vento e furono poste le basi per la sperimentazione nei settori fondamentali dell'ingegneria civile: idraulica e trasporti¹.

Nel 1982 l'Istituto di Ingegneria Civile si trasforma, a seguito della legge 382/80, nel Dipartimento di Ingegneria Civile come naturale prosecuzione dell'istituto omonimo. Il prof. Franco Angotti fu il primo direttore del dipartimento fino al 1988. Poi si sono succeduti: il prof. Giorgio Federici (1988-92), il prof. Franco Nuti (1992-98), il prof. Ignazio Becchi (1998-04), il prof. Andrea Vignoli (2004-10). Nel 2007 il Dipartimento di Ingegneria Civile cambia il nome e diventa il Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale. L'ultimo direttore, dal 2010 al 2012, è stato direttore il prof. Fausto Sacerdote.

Dall'Istituto di Matematica al Dipartimento di Matematica Applicata

L'Istituto di Matematica applicata fu costituito nel 1972 sotto la direzione del prof. Gaetano Villari. Il direttore Villari, e, con lui, Paolo Santoro e Demore Quilghini, furono gli animatori dell'istituto fin dal suo inizio. Oltre all'attività didattica, l'istituto si occupò della ricerca nell'ambito della matematica applicata. Furono messe le basi di una biblioteca di istituto e fu iniziata una regolare attività seminariale, a cui partecipavano i numerosi ricercatori che visitavano l'Università di Firenze, provenendo in gran parte dall'estero. Anche grazie alla centralità dell'Ateneo fiorentino, l'Istituto di Matematica Applicata diventò presto una vitale componente della matematica fiorentina.

A metà degli anni '80, ebbe inizio una profonda trasformazione dell'università italiana, in seguito all'emanazione del DPR 382/80. Nell'ambito della sperimentazione fu consentito alle università di costituire dipartimenti, intesi come organizzazione di uno o più settori di ricerca omogenei per fini o per metodo e dei relativi insegnamenti.

Fra i matematici fiorentini si aprì un lungo dibattito sulla necessità o meno di costituire un unico dipartimento di matematica. Il DPR 382/80 prevedeva che i dipartimenti promuovessero e coordinassero le attività di ricerca nelle università, organizzando le strutture per la ricerca. Riguardo invece alle attività didattiche, pur affermando che ad esse concorrevano i dipartimenti, le Facoltà mantenevano le principali competenze. Quest'ultimo fatto contribuì grandemente alla decisione finale di costituire diverse aggregazioni dipartimentali a seconda della Facoltà di appartenenza.

L'istituto si trasformò in dipartimento solo all'inizio del 1990, nello stesso periodo in cui la stessa trasformazione si verificò per l'Istituto Matematico 'Ulisse Dini', sito in viale Morgagni. Nacque così il Dipartimento di Matematica applicata 'Giovanni Sansone', costituito a decorrere dal 1/1/1990.

Al dipartimento afferirono le seguenti discipline: Algebra, Geometria, Analisi Matematica, Istituzioni di Matematiche, Calcolo delle Probabilità, Fisica Matematica, Analisi Numerica, Matematica Applicata. Il primo direttore del dipartimento è stato il prof. Mariano Giaquinta, fino al 1992. Poi si sono succeduti: il prof. Carlo Franchetti (1990-93), il prof. Marco Modugno (1993-96), il prof. Mario Landucci (1996-02), la prof.ssa Gianna Stefani (2002-05) ed il prof. Giuseppe Modica (2005-08).

L'ultimo direttore è stato il prof. Giovanni Frosali, che è rimasto in carica fino al 31 dicembre 2010, data in cui il dipartimento si è fuso nel Dipartimento di Sistemi e Informatica.

¹ 1972-1982: *L'Istituto di Ingegneria Civile dell'Università degli Studi di Firenze*, Firenze 1982.

I dipartimenti dell'area industriale

Con l'avvio del triennio si formarono gli istituti della Facoltà. In particolare, nell'area dell'ingegneria industriale, nel 1971 vennero formati l'Istituto di Ingegneria Meccanica che ebbe come primo direttore il prof. Demore Quilghini e nel 1972 l'Istituto di Chimica Applicata con direttore il prof. Baldo Tesi. Quando il prof. Quilghini passò all'Istituto di Matematica Applicata, divenne direttore il prof. Giovanni Gualberto Lisini. Nel 1975 l'Istituto si scisse dando vita all'Istituto di Energetica diretto dal prof. Sergio Stecco e all'Istituto di Meccanica Applicata, diretto dal prof. Lisini

I tre istituti iniziarono un'intensa attività didattica e di ricerca. In particolare vennero intrapresi contatti e stipulati accordi con importanti realtà industriali del panorama fiorentino, come il Nuovo Pignone e la SMI, e con altre aziende e enti di ricerca di collocazione nazionale come l'ENEA, l'Ansaldo, l'ENEL, Fiat Avio. Nel frattempo altri professori si unirono al nucleo iniziale dei tre istituti sia nella così detta area della meccanica fredda che della meccanica calda.

Con il DPR 382/80, fu definita la nuova struttura di ricerca, il dipartimento, e conseguentemente si aprì un faticoso processo di ristrutturazione degli Istituti che portò alla costituzione dei nuovi dipartimenti. I docenti delle due aree decisero di dare vita nel 1983 a due diversi dipartimenti: il Dipartimento di Meccanica e Tecnologie Industriali e il Dipartimento di Energetica. A dirigere il primo fu chiamato il prof. Pietro Caparrini e a dirigere il secondo il prof. Francesco Martelli.

Il Dipartimento di Meccanica e Tecnologie Industriali raccoglieva docenti che coprivano le aree delle costruzioni di macchine, della tecnologia meccanica, del disegno meccanico, della chimica applicata e dei materiali. Nel Dipartimento di Energetica afferirono docenti delle aree delle macchine, della fisica tecnica, della chimica, alcuni matematici e fisici e più tardi anche docenti dell'area della meccanica applicata. Fino dai primi anni le strutture svilupparono una importante attività di ricerca e anche attività di consulenza per l'industria raggiungendo finanziamenti (tra fondi di ricerca e convenzioni e prestazioni conto terzi) tra i più significativi dell'ateneo.

Nel 1986, a seguito dell'improvvisa scomparsa del prof. Caparrini, divenne direttore del Dipartimento di Meccanica e Tecnologie Industriali il prof. Paolo Citti cui succedette nel 1992 il prof. Paolo Rissone, nel 1994 il prof. Giovanni Nerli e poi, nel 1997 il prof. Sergio Reale. Nel 2000 venne chiamato a svolgere le funzioni di commissario il prof. Piergiorgio Malesani e nel 2001 divenne direttore il prof. Paolo Rissone. Dal 2007 il Dipartimento è stato diretto dalla prof.ssa Monica Carfagni, fino alla nuova ristrutturazione dipartimentale del 2013.

L'attività di ricerca del Dipartimento di Meccanica e Tecnologie Industriali si è sviluppata fino dall'inizio su settori quali la dinamica strutturale, l'ingegneria tessile, il *Computer Aided Design*, i trasporti, la meccanica sperimentale, la sicurezza e affidabilità, le tecnologie meccaniche, i materiali e il loro comportamento meccanico e la biomeccanica. Il dipartimento ha nel tempo creato una fitta rete di legami sia a livello nazionale che internazionale, cooperando o facendosi direttamente promotore di progetti di ricerca a livello europeo. Il dipartimento è stato anche promotore di corsi post-laurea come master di I e II livello e corsi di perfezionamento.

Il Dipartimento di Energetica, dopo il prof. Martelli, fu diretto dal 1987 dal prof. Sergio Stecco, alla cui memoria, dopo la sua prematura scomparsa, fu intitolato il dipartimento stesso. A lui successe dal 1992 il prof. Ferruccio Fontanella e dal 1998 il prof. Paolo Dapporto. Nel 2001 divenne direttore il prof. Giuseppe Grazzini e nel 2004 venne eletto il prof. Andrea Arnone. Dal 2010 fino alla nuova ristrutturazione è stato direttore il prof. Paolo Toni.

Il Dipartimento di Energetica ha operato con l'obiettivo scientifico dello sviluppo e del coordinamento delle ricerche nel campo della conversione dell'energia, delle macchine e degli impianti impiegati in tali processi, con una sempre maggiore attenzione alle problematiche dell'impatto ambientale legate allo sfruttamento delle fonti energetiche. Tali aspetti hanno comportato una sempre maggiore sinergia tra esperienze diverse basate su aspetti meccanici, termodinamici, fisici, fluidodinamici, termici, chimici, impiantistici, economici, ambientali e di calcolo connessi con i processi di conversione dell'energia. Una particolare attenzione fu dedicata, fin dalle sue origini, alle metodiche della simulazione fluidodinamica dei componenti degli impianti energetici (le turbomacchine e le turbine a gas) portando allo sviluppo di originali strumenti di calcolo fluidodinamico utilizzati anche oggi giorno in industrie e istituzioni di ricerca

internazionali. Di particolare rilievo sono i rapporti internazionali che il dipartimento ha promosso nell'ambito delle sue attività. Molti di questi hanno portato a progetti di ricerca europei.

Dall'Istituto di Ingegneria Elettronica al Dipartimento di Elettronica e Telecomunicazioni

Nel marzo del 1972 fu creato l'Istituto di Elettronica. I direttori che si sono succeduti sono stati il prof. Antonio Zanini (1972-74), il prof. Mario Calamia (1974-77), il prof. Vito Cappellini (1977-80) ed il prof. Leonardo Masotti (1980-83). Con DR 332/83 l'Istituto di Elettronica è stato disattivato a seguito della costituzione del Dipartimento di Ingegneria Elettronica, avvenuta con DR 7/83. Successivamente con DR 1118/99 il Dipartimento di Elettronica ha modificato la propria denominazione in Dipartimento di Elettronica e Telecomunicazioni (DET).

Il primo direttore del Dipartimento è stato, per un breve periodo, il prof. Mario Calamia. I direttori successivi sono stati: il prof. Antonino Liberatore (1983-89), il prof. Leonardo Masotti (1989-92), il prof. Carlo Atzeni (1992-98), il prof. Dino Giuli (1998-04) ed il prof. Guido Biffi Gentili (2004-10).

L'ultimo direttore del Dipartimento di Elettronica e Telecomunicazioni, nominato per il quadriennio 2010-14, è stato il prof. Piero Tortoli, che è rimasto in carica fino al 31/12/2012, data in cui il dipartimento si è sciolto per confluire nel costituendo Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione (DINFO), dipartimento di riferimento per le Tecnologie dell'Informazione e della Comunicazione (ICT, *Information and Communications Technology*).

Nell'ambito del DET si sono svolte ricerche avanzate di elettronica, telecomunicazioni, elettromagnetismo, misure, bioingegneria ed elettrotecnica. Sono stati studiati e progettati radar, reti wireless, sensori e apparati elettronici, sistemi ad ultrasuoni, sistemi di antenna, sistemi satellitari, di controllo e telerilevamento, di elaborazione e interpretazione di contenuti multimediali, di supporto alle decisioni, di sicurezza e protezione dell'informazione e telematici.

Al DET afferivano inoltre vari centri e consorzi interuniversitari, tra i quali si segnalano il Consorzio Nazionale Interuniversitario per le Telecomunicazioni (CNIT) ed il *Microwave Engineering Center for Space Applications* (MECSA), che hanno svolto un ruolo importante nel panorama nazionale di cooperazione scientifica di alto livello fra le università e le imprese.

Dalla biblioteca di ingegneria alla biblioteca di scienze tecnologiche (a cura di Maria Luisa Masetti)

La nascita della biblioteca fa seguito alla istituzione della Facoltà di Ingegneria, settembre del 1970, alla attivazione del triennio nell'anno accademico successivo, 1970-71, ed alla assegnazione di una sede individuata nei locali dell'ex-Seminario Minore di Santa Marta.

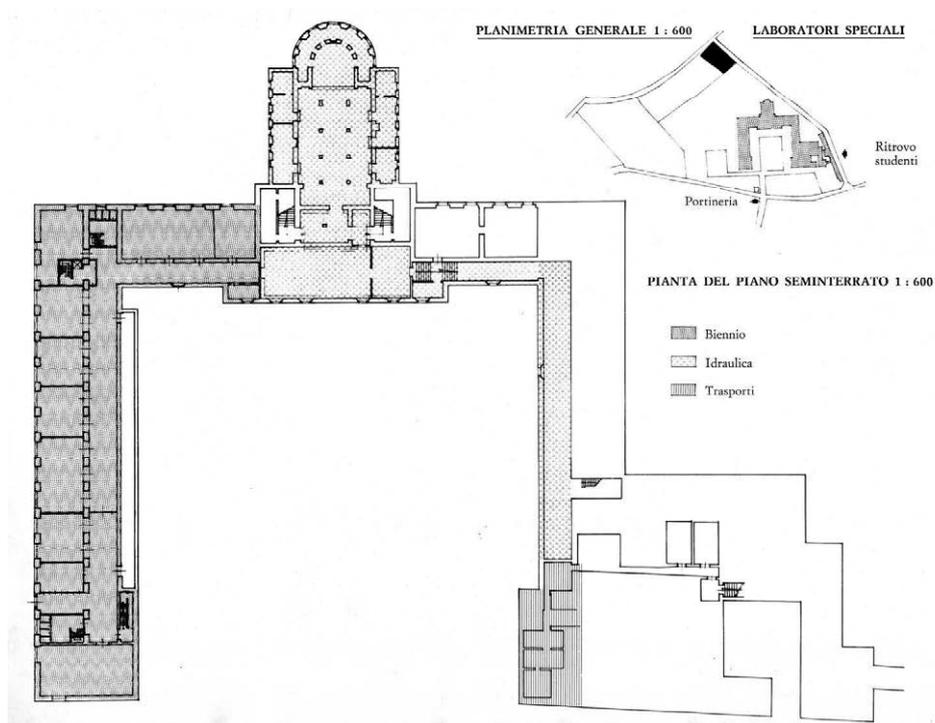
Inizialmente alla Facoltà vengono assegnati solo i locali dell'ala di levante dell'ex-Seminario, ma, come si evince dal rapporto predisposto dall'ing. Pier Luigi Maffei e dall'arch. Piero Zucconi, con la prospettiva reale di poter disporre, in tempi brevi, dell'intero complesso. Il Consiglio di Amministrazione dei Seminari Arcivescovili, con delibera del 1973, «dichiara di voler destinare all'Università di Firenze, per la Facoltà di Ingegneria, anche l'ala di ponente e quella parte del corpo centrale già da tempo assegnata in affitto al Comune di Firenze»².

Nella ripartizione degli 11.000 mq dell'intero complesso di Santa Marta, si decide di destinare agli ambienti per le attività comuni circa 3.000 mq, di cui 420 mq riservati alla creazione di una «biblioteca generale da realizzarsi dividendo a metà altezza la ex-cappella del seminario», soluzione che viene proposta per gran parte degli ambienti del complesso, grazie al fatto che

Le dimensioni in altezza degli ambienti sono infatti tali da suggerire la possibilità di una suddivisione degli attuali spazi, creando doppi volumi con una separazione incompleta o completa a metà altezza, ricorrendo a soluzioni che lascino inalterato il tema delle aperture conservando l'attuale struttura formale, mediante il ricorso a particolari tipi di solaio come è stato illustrato per la biblioteca [...]»³.

² P.L. Maffei, P. Zucconi, *Il problema edilizio della sede di Santa Marta. Contributi e proposte*, 1974.

³ Maffei, Zucconi, cit., pp. 13, 19.



La planimetria generale e la planimetria del piano seminterrato dell'ex-Seminario Minore di Santa Marta². Nel locali del seminterrato è collocato una parte dell'archivio della Biblioteca.

La creazione di un doppio volume nell'ex-cappella non fu comunque realizzato e i lavori non apportarono alcuna modifica strutturale ai locali assegnati alla biblioteca.

La biblioteca viene ufficialmente istituita il 15 marzo 1972, con delibera del Comitato Tecnico, poi ratificata dal Consiglio di Amministrazione dell'Università, con la finalità di creare un unico punto bibliotecario di Facoltà in grado di assolvere alle esigenze della didattica e della ricerca. Il primo atto della volontà di costituire un'unica biblioteca centralizzata è rappresentato dall'accorpamento dei fondi librari degli istituti, che vanno così a costituire il primo nucleo di documenti della nuova biblioteca, come ci viene ricordato da Tommaso Giordano, direttore della biblioteca di ingegneria, nel suo *Rapporto sull'attività della biblioteca e prospettive di sviluppo* del novembre 1975, in parte pubblicato nel Bollettino degli Ingegneri⁴.

La biblioteca di ingegneria nei primi anni, grazie anche ad un finanziamento straordinario ed a numerose donazioni, tra cui un contributo di due milioni di lire della Fondazione Pontello, cresce in modo rilevante e già nel 1975, a tre anni dalla sua costituzione, conta 12.000 volumi e 240 abbonamenti a periodici. Ed è proprio nella metà degli anni '70 che la biblioteca acquisisce, grazie all'interessamento del prof. Mario Fondelli, un fondo di notevole interesse di libri e riviste provenienti dalle Officine Galileo, al quale faranno seguito le donazioni del Collegio degli Ingegneri della Toscana e dell'Istituto Geografico Militare.

Questi fondi sono, da alcuni anni, al centro di una operazione di valorizzazione delle collezioni storiche della biblioteca che ha portato al loro completo recupero nel catalogo online dell'Università di Firenze ed alla organizzazione di iniziative (mostre, presentazioni) promosse dalla biblioteca⁵.

La biblioteca di Ingegneria, a seguito di vari progetti di riorganizzazione del sistema bibliotecario fiorentino, ha fatto prima parte del Polo 2 delle biblioteche, unitamente alla biblioteca di Architettura, ed attualmente, con le ex-biblioteche di Agraria, di Architettura, ed i relativi fondi librari dei Dipartimenti e Istituti, fa parte della Biblioteca di Scienze Tecnologiche, istituita con DR 699/99.

⁴ T. Giordano, *La biblioteca della Facoltà di Ingegneria di Firenze. Problemi e prospettive*, «Bollettino degli Ingegneri», 6, 1976.

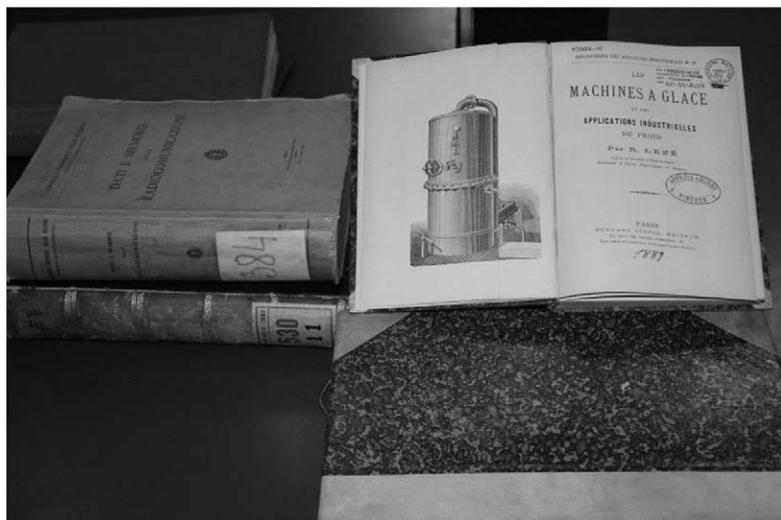
⁵ «Le Officine Galileo tornano a Rifredi. Il fondo librario delle Officine Galileo esposto alla Biblioteca di Ingegneria a Santa Marta», 14-28 ottobre 2011.

Negli ultimi anni la ex-biblioteca di Ingegneria ha acquisito nuovi spazi finalizzati alla conservazione della collezione di minore consultazione e delle copie cartacee delle risorse disponibili on-line (periodici, norme Uni).

Attualmente la biblioteca ha un patrimonio di circa 50.000 volumi, di cui 12.000 a scaffale aperto, con un incremento annuo di circa 2.000 inventari, e 569 abbonamenti attivi a periodici specializzati, per la quasi totalità on-line (solo 22 su carta).

Ha un'utenza potenziale di 5602 (5414 studenti, 188 docenti) ed effettua circa 16.000 prestiti l'anno.

Vale la pena ricordare che nel Consiglio di Facoltà di Ingegneria del luglio 2012, uno degli ultimi nel quarantennio della Facoltà, è stata deliberata la intitolazione della sala di lettura della Biblioteca di Scienze Tecnologiche di S. Marta al prof. Aldo Belleni Morante, che, con i suoi 35 anni di docenza di Fisica-Matematica, ha formato molti degli ingegneri che si sono laureati presso la Facoltà.



Un'immagine dal *Fondo librario delle Officine Galileo* nella Biblioteca di Scienze Tecnologiche – Ingegneria esposto in occasione della mostra allestita dal 14 al 28 ottobre 2011 presso la Facoltà di Ingegneria [per cortesia di Anita Bicchielli].

L'OFFERTA DIDATTICA DELLA FACOLTÀ DI INGEGNERIA

Marcantonio Catelani

L'offerta didattica dalla istituzione della Facoltà alla riforma universitaria del '3+2'

Con il DPR 914/70 viene istituita a Firenze la Facoltà di Ingegneria con la possibilità di attivare i corsi di laurea in Ingegneria Chimica, Ingegneria Civile (sezioni edile, idraulica e trasporti), Ingegneria Elettronica ed Ingegneria Meccanica.

Al momento dell'istituzione era già attivo presso la Facoltà di Scienze Matematiche, Fisiche e Naturali dell'Università il biennio propedeutico all'ingegneria. Si trattava quindi di avviare, con gradualità, gli insegnamenti del triennio e ciò avvenne, a partire dall'a.a. 1970-71, per il corso di laurea in Ingegneria Elettronica con indirizzi in telecomunicazioni, elaborazione dell'informazione e radiolocalizzazione, ed il triennio di Ingegneria Meccanica, con indirizzi in meccanica di precisione e meccanica tessile. L'anno accademico successivo vedeva l'attivazione del corso di laurea in Ingegneria Civile con le tre sezioni edile, idraulica e trasporti.

L'offerta didattica, così definita, rimarrà inalterata fino all'a.a.1989-90, quando interviene il riordino degli studi di ingegneria con il DPR 20/5/1989 che aggiornava, dopo 39 anni, il DPR 53/1960.

Nell'anno accademico 1990-91 l'offerta didattica della Facoltà di Ingegneria è rappresentata da tre corsi di laurea quinquennale e precisamente: corso di laurea in Ingegneria Civile con indirizzi in edile, geotecnica, idraulica, strutture e trasporti; corso di laurea in Ingegneria Elettronica e corso di laurea in Ingegneria Meccanica con indirizzi in: automazione industriale e robotica, biomedica, costruzioni, energia, materiali, produzione, veicoli terrestri. Il numero di annualità complessive obbligatorie per il conseguimento del titolo sono 27 per il corso di laurea in Ingegneria Meccanica e 28 per i corsi di laurea in Ingegneria Elettronica ed Ingegneria Civile. In questo a.a. vengono inoltre attivati tre percorsi paralleli alle lauree denominati Scuole dirette a fini speciali: esperto in tecnologie tessili, tecnico superiore in elettronica e topografo esperto. Intanto si prepara il terreno per l'attivazione dei nuovi corsi di laurea previsti dall'ordinamento

Con il DR 78/91 (pubblicato in GU 64/91) l'offerta formativa della Facoltà, a partire dall'a.a. 1991-92, viene incrementata con tre nuovi corsi di laurea quinquennale. Nel complesso si hanno quindi: Ingegneria Civile, Ingegneria Elettronica, Ingegneria Meccanica, Ingegneria Informatica, Ingegneria delle Telecomunicazioni e, infine, Ingegneria per l'Ambiente e il Territorio. Nello stesso anno accademico viene istituito il primo diploma universitario della Facoltà, con durata triennale, in Ingegneria Meccanica presso la sede didattica di Prato. Il successivo anno accademico vede l'attivazione, a Prato, del Diploma Universitario in Ingegneria Elettronica a cui si aggiunge, sempre a Prato, nell'a.a. 1993-94, il Diploma Universitario in Ingegneria dell'Ambiente e delle Risorse. A partire dall'a.a. 1996-97 ai 6 corsi di laurea si aggiunge il corso di laurea in Ingegneria Edile mentre nell'a.a. 1998-99 viene attivato il diploma universitario interfacoltà con la Facoltà di Economia di Firenze: Economia e Ingegneria della Qualità, sempre erogato presso la sede di Prato. L'anno accademico 2000-01 è l'ultimo anno di presenza simultanea delle lauree quinquennali e dei diplomi universitari.

Dal 2001 entrerà in vigore, infatti, la riforma degli ordinamenti nota come la riforma del '3+2' con l'attuazione dei DPR 509/99 e del DPR 270/04. I motivi a sostegno della riforma sono molteplici, ma tra questi due sono i più importanti: l'elevata permanenza degli studenti nel sistema universitario quinquennale e la necessità, per il mondo del lavoro e soprattutto nei settori tecnico-scientifici, di disporre di giovani dotati di competenze professionalizzanti subito spendibili in un contesto lavorativo.



La sede della Facoltà di Ingegneria dell'Università di Firenze distaccata a Prato nel 1991.

Si chiude quindi il periodo del 'previgente ordinamento': i sette corsi di laurea (ambiente e territorio, civile, edile, elettronica, informatica, meccanica, telecomunicazioni) ed i quattro diplomi universitari (Ambiente e Risorse, Elettronica, Meccanica, interfacoltà Economia e Ingegneria della Qualità) saranno disattivati negli anni, in maniera graduale, man mano che i corsi di laurea ed i corsi di laurea specialistica progettati nell'ambito della riforma saranno attivati.

Per meglio comprendere la trasformazione dei percorsi formativi dal previgente ordinamento alla riforma universitaria può essere utile riassumere di seguito i corsi di laurea e gli indirizzi previsti nell'a.a. 2000-01.

Settore civile

- corso di laurea in Ingegneria Civile, con indirizzi geotecnico, idraulico, strutture, trasporti.
- corso di laurea in Ingegneria Edile

Settore dell'informazione

- corso di laurea in Ingegneria delle Telecomunicazioni, con indirizzi elaborazione dei segnali, elettromagnetismo applicato, reti e telematica, telerilevamento, trasmissione.
- corso di laurea in Ingegneria Elettronica, con indirizzi bioingegneria, elettronica delle alte frequenze, elettronica numerica, misure e automazione per l'industria, sistemi elettrici per l'energia, tecnologia delle telecomunicazioni.
- corso di laurea in Ingegneria Informatica, con indirizzi automatica e sistemi di automazione industriale, sistemi ed applicazioni informatici.

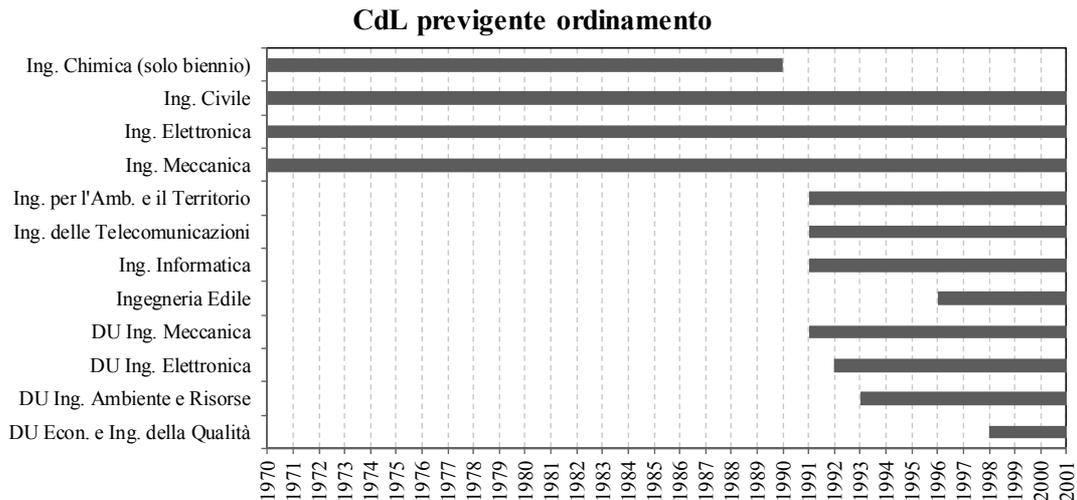
Settore industriale

- corso di laurea in Ingegneria Meccanica, con indirizzi aeronautico-propulsivo, automazione industriale e robotica, biomedica, costruzioni, energia, materiali, produzione, veicoli terrestri.

Intersettoriale

- corso di laurea in Ingegneria per l'Ambiente e il Territorio, con indirizzi ambiente ed energia, monitoraggio ambientale, territorio e infrastrutture

Possiamo quindi riassumere i momenti di trasformazione dell'offerta didattica della Facoltà di Ingegneria di Firenze, relativamente al periodo che va dall'attivazione della Facoltà all'innovazione didattica del '3+2', nel seguente grafico.



I corsi di laurea nei primi trent'anni di storia della Facoltà di Ingegneria dell'Università di Firenze.

La riforma didattica dei corsi di studio universitari secondo il DPR 509/99

Il 1999 rappresenta l'anno in cui si assiste ad una svolta che potremmo definire epocale nell'ambito della progettazione dei percorsi formativi universitari nazionali. È infatti l'anno della cosiddetta riforma dell'architettura didattica dei corsi di studio che si fonda sulla piena realizzazione dell'autonomia didattica delle università. Per le Facoltà di ingegneria si disattivano i corsi di laurea quinquennale ed i diplomi universitari che rappresentavano due percorsi formativi paralleli e si attiva il nuovo percorso comunemente denominato '3+2'.

Alla base di ciò vi è il DPR 509/99 *Regolamento recante norme concernenti l'autonomia didattica degli atenei*, a firma del ministro Zecchino (GU 2/2000), che detta le disposizioni concernenti i criteri generali per l'ordinamento degli studi universitari e determina la tipologia dei titoli di studio rilasciati dalle università.

Preme qui richiamare gli elementi innovativi rispetto al passato.

Titoli e corsi di studio

Secondo l'art. 3 del DPR 509/99, le università rilasciano i titoli di primo livello (laurea) e di secondo livello (laurea specialistica), considerando obiettivi formativi ben distinti. In particolare, per il corso di laurea triennale l'obiettivo è quello di assicurare allo studente un'adeguata padronanza di metodi e contenuti scientifici generali, nonché l'acquisizione di specifiche conoscenze professionali, mentre per il corso di laurea specialistica, è quello di fornire allo studente una formazione di livello avanzato per l'esercizio di attività di elevata qualificazione negli ambiti specifici, caratterizzanti il percorso formativo.

Oltre alla laurea e alla laurea specialistica, l'università può rilasciare ulteriori titoli, come il diploma di specializzazione, non è il caso delle Facoltà di ingegneria, ed il dottorato di ricerca.

Dall'a.a. 2001-02 l'offerta didattica della Facoltà si modifica radicalmente rispetto al passato prevedendo l'attivazione di 12 corsi di laurea, di cui tre erogati presso la sede didattica del polo universitario di Prato come trasformazione dei corrispondenti diplomi universitari. Il criterio seguito dalla Facoltà, è stato quello di procedere in maniera graduale con l'applicazione della riforma universitaria attivando solo il primo anno dei nuovi percorsi e mantenendo attivi, ad esaurimento negli anni, quelli già esistenti nell'ambito del previgente ordinamento.

L'attivazione delle lauree specialistiche regolamentate dal DPR 509/99 avverrà, sempre in maniera graduale, a partire dal successivo a.a. 2002-03 con 10 percorsi formativi distinti.

Classi di corsi di studio

L'art. 4 del DPR 509/99 introduce il concetto di 'classe di corso di studio', secondo cui corsi di studio dello stesso livello, comunque denominati dagli atenei, vengono raggruppati in classi di appartenenza. In particolare, più corsi di studio appartenenti alla stessa classe sono caratterizzati dagli stessi obiettivi formativi qualificanti, definiti come obiettivi qualificanti della classe, ed i titoli conseguiti al termine di tali percorsi formativi, dello stesso livello ed appartenenti alla stessa classe, hanno identico valore legale.

Di conseguenza la Facoltà di Ingegneria attiva, a partire dall'a.a. 2001-02, le classi di laurea sotto riportate specificando, per ciascuna di esse, i corsi di laurea afferenti.

Classe delle lauree in Scienze dell'architettura e dell'Ingegneria Edile

- Scienze dell'Ingegneria Edile, all'interno del quale sono previsti, al terzo anno, tre curricula: produzione-cantiere, energetica-impianti, tecnologia delle costruzioni.

Classe delle lauree in Ingegneria Civile e Ambientale

- Ingegneria Civile, con tre curricula previsti al terzo anno: costruzioni, idraulico, trasporti.
- Ingegneria dell'Ambiente e delle Risorse, per il quale sono previsti due *curricula*: monitoraggio, qualità e sicurezza dell'ambiente. Il corso di studio è trasformazione del diploma universitario in Ingegneria dell'Ambiente e delle Risorse ed ha sede didattica presso il polo universitario di Prato.
- Ingegneria per l'Ambiente ed il Territorio con orientamenti in: tutela e controllo del territorio, qualità, sicurezza e compatibilità dei processi produttivi.

Classe delle lauree in Ingegneria dell'Informazione

- Ingegneria Elettronica, con i *curricula* al terzo anno: automazione, biomedica, progettazione elettronica. Quest'ultimo prevede gli orientamenti in: progettazione di sistemi a radiofrequenza, sistemi elettronici per le tecnologie e l'industria, progettazione dei sistemi microelettronici.
- Ingegneria Informatica
- Ingegneria dell'Informazione per il quale sono previsti due *curricula* al terzo anno in: applicazioni industriali della microelettronica, telematica. Il corso di studio è trasformazione del diploma universitario in Ingegneria Elettronica ed ha sede didattica presso il polo universitario di Prato.
- Ingegneria delle Telecomunicazioni con attivi tre *curricula* previsti al terzo anno: trasmissione e reti, elaborazione segnali ed immagini, telerilevamento ed elettromagnetismo applicato.

Classe delle lauree in Ingegneria Industriale

- Ingegneria Elettrica
- Ingegneria Gestionale, con i *curricula*: economico-organizzativo, impiantistica, logistica e produzione.
- Ingegneria Meccanica, con i *curricula* al terzo anno in: automazione industriale e mecatronica, biomeccanica, macchine, materiali, modelli e metodi matematici, progettazione meccanica, sistemi per l'energia e l'ambiente, tecnologico, veicoli terrestri.
- Ingegneria Industriale, con i *curricula* al terzo anno in: costruzioni meccaniche, produzione, tessile. Il corso di studio è trasformazione del diploma universitario in Ingegneria Elettronica ed ha sede didattica presso il polo universitario di Prato.
- Ingegneria dei Trasporti, attivo a partire dall'anno accademico 2002-03 presso la sede didattica di Pistoia.

Classe delle lauree di Scienze dell'Economia e della Gestione aziendale

- Economia e Ingegneria della Qualità, corso di studio interfacoltà con la Facoltà di Economia di Firenze, trasformazione del diploma universitario in Economia e Ingegneria della Qualità, con sede didattica presso il polo universitario di Prato.

Dall'a.a. 2002-03 la Facoltà attiva inoltre il primo anno dei seguenti dieci corsi di laurea specialistica il cui percorso formativo andrà a regime nell'anno accademico successivo:

- Laurea specialistica in Ingegneria Civile (classe Ingegneria Civile), con orientamenti attivi già dal primo anno in: strutture, idraulico, infrastrutture, geotecnico.
- Laurea specialistica in Ingegneria per la Tutela dell'Ambiente ed il Territorio (classe Ambiente e territorio), per la quale sono previsti due orientamenti al secondo anno: tutela del territorio, progettazione e gestione impianti.
- Laurea specialistica in Ingegneria dell'Automazione (classe Ingegneria dell'Automazione).
- Laurea specialistica in Ingegneria Edile (classe Architettura e Ingegneria Edile).
- Laurea specialistica in Ingegneria Elettronica (classe Ingegneria dell'Informazione).
- Laurea specialistica in Ingegneria Energetica (classe Ingegneria Energetica e Nucleare).
- Laurea specialistica in Ingegneria Gestionale (classe Ingegneria Gestionale), con sede didattica ad Empoli.
- Laurea specialistica in Ingegneria Informatica (classe Ingegneria Informatica).
- Laurea specialistica in Ingegneria Meccanica (classe Ingegneria Meccanica).
- Laurea specialistica in Ingegneria delle Telecomunicazioni (classe Ingegneria delle Telecomunicazioni), con orientamenti previsti al secondo anno di corso: trasmissioni e reti, sistemi multimediali, telerilevamento ed elettromagnetismo applicato.

Dall'a.a. 2003-04 vengono attivati anche i corsi di laurea specialistica in Ingegneria Biomedica (classe Ingegneria Biomedica) e Ingegneria Matematica (classe Modellistica matematico-fisica per l'Ingegneria).

Il DPR 270/04

Il DPR 270/04, a firma del ministro Moratti (GU 266/04), rappresenta un ulteriore elemento significativo di regolamentazione nel campo della formazione universitaria nel contesto della riforma didattica iniziata con il DPR 509/99. Questo decreto, denominato *Modifiche al Regolamento recante norme concernenti l'autonomia didattica degli Atenei*, contiene indicazioni e modifiche relative ad alcuni aspetti previsti dal DPR 509/99.

Tra questi, i più significativi riguardano (art. 3 del DM 270/04) una diversa denominazione del titolo di studio acquisito dallo studente al secondo livello: la laurea magistrale sostituisce il titolo di laurea specialistica e rettifica parzialmente gli obiettivi formativi secondo cui il «corso di laurea magistrale deve assicurare allo studente un'adeguata padronanza di metodi e contenuti scientifici generali, anche nel caso in cui sia orientato all'acquisizione di specifiche conoscenze professionali». È questo, evidentemente, un aspetto che implica la riprogettazione dell'offerta didattica erogata dalla Facoltà per il secondo livello.

Ulteriore elemento di differenziazione introdotto dal DM 270/04 finalizzato alla progettazione del percorso formativo riguarda il numero massimo di insegnamenti previsti con valutazione finale di profitto fissato a 20 per il corso di laurea e a 12 per la laurea magistrale. Si può quindi dire che uno degli obiettivi raggiunti dal DPR 270/04 è stato quello di dare alla laurea magistrale una propria struttura e autonomia di percorso, con l'eliminazione o forte riduzione della parcellizzazione degli insegnamenti (per determinate tipologie di didattica non sono ammessi insegnamenti con moduli interiori a 3 crediti).

Nell'ottica di razionalizzare la propria offerta formativa la Facoltà inizia ad applicare la riforma prevista dal DPR 270/04 a partire dall'anno accademico 2008-09. Da questo momento i percorsi attivi nell'ambito del DPR 509/99 si riducono a sette corsi di laurea e dodici corsi di laurea magistrale, come di seguito riportato.

Oggi la Facoltà di Ingegneria è coinvolta anche nel processo di accreditamento internazionale EUR-ACE (*EUROPEAN ACCREDITED ENGINEER*) con due corsi di studio, una laurea ed una laurea magistrale, secondo il modello di *quality assurance* CRUI/EUR-ACE predisposto da Quacinq, agenzia per la certificazione di qualità e l'accREDITAMENTO EUR-ACE dei corsi di studio in ingegneria.

Tabella VI – Corsi di laurea e laurea magistrale attivi dall'a.a. 2008-09 ordinati secondo il DM 270/04.

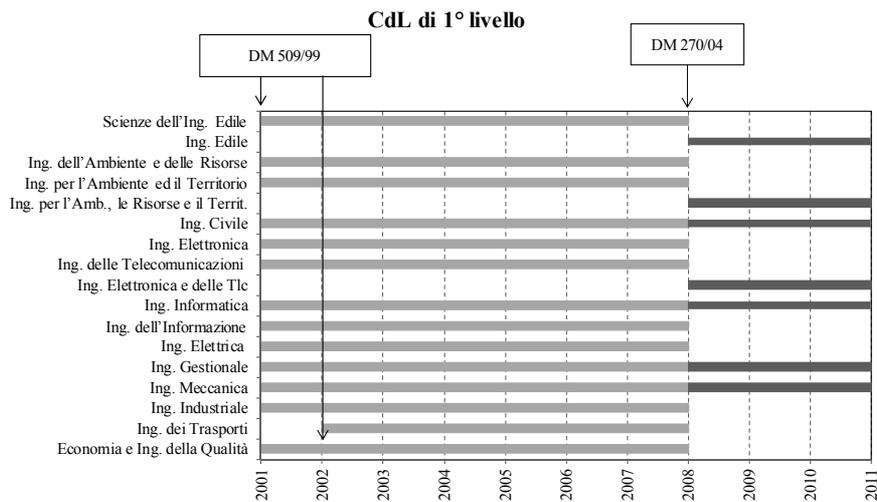
Classe di laurea (L)	Corsi di laurea attivi nella classe
L7 – Ing. Civile e Ambientale	Ing. Civile
L8 – Ing. dell'Informazione	Ing. per l'Ambiente, le Risorse e il Territorio Ing. Elettronica e delle Telecomunicazioni Ing. Informatica
L9 – Ing. Industriale	Ing. Gestionale Ing. Meccanica
L23 – Scienze e Tecniche dell'Edilizia	Ing. Edile
Classe di laurea magistrale (LM)	Corso di laurea magistrale
LM23 – Ing. Civile	Ing. Civile
LM24 – Ing. dei Sistemi Edilizi	Ing. Edile
LM25 – Ing. dell'Automazione	Ing. Elettrica e dell'Automazione (interclasse)
LM28 – Ing. Elettrica	Ing. Elettrica e dell'Automazione (interclasse)
LM27 – Ing. delle telecomunicazioni	Ing. delle Telecomunicazioni
LM29 – Ing. Elettronica	Ing. Elettronica
LM30 – Ing. Energetica e Nucleare	Ing. Energetica
LM32 – Ing. Informatica	Ing. Informatica
LM33 – Ing. Meccanica	Ing. Meccanica
LM35 – Ing. per l'Ambiente ed il Territorio	Ing. per la Tutela dell'Ambiente e del Territorio

Tabella VII – Corsi di laurea e laurea magistrale attivi dall'a.a.2008-09 ordinati secondo il DM 270/04.

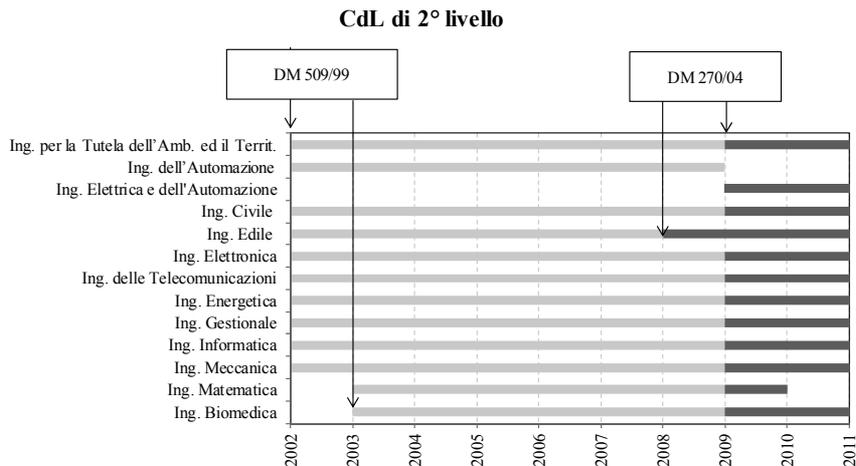
Classe di Laurea (L)		Corsi di laurea attivi nella classe
L7	Ing. Civile e Ambientale	Ing. Civile, Edile e Ambientale percorso edile percorso strutture percorso infrastrutture percorso ambiente
L8	Ing. dell'Informazione	Ing. Elettronica e delle Telecomunicazioni percorso elettronica percorso telecomunicazioni percorso automazione Ing. Informatica
L9	Ing. Industriale	Ing. Meccanica percorso meccanico percorso elettrico-automazione percorso gestionale
Classe di laurea magistrale (LM)		Corso di laurea magistrale
LM23	Ing. Civile	Ing. Civile
LM24	Ing. dei Sistemi Edilizi	Ing. Edile
LM25 LM28	Ing. dell'Automazione Ing. Elettrica	Ing. Elettrica e dell'Automazione (interclasse)
LM27	Ing. delle Telecomunicazioni	Ing. delle Telecomunicazioni
LM29	Ing. Elettronica	Ing. Elettronica
LM30	Ing. Energetica e Nucleare	Ing. Energetica
LM32	Ing. Informatica	Ing. Informatica
LM33	Ing. Meccanica	Ing. Meccanica
LM35	Ing. per l'Ambiente ed il Territorio	Ing. per la Tutela dell'Ambiente e del Territorio

LA FACOLTÀ IN NUMERI

I corsi di studio



I corsi di laurea di 1° livello, dopo la riforma del '3+2' (DM 509/99), sono stati attivati nell'a.a. 2001/02; a partire dall'a.a. 2008/2009 viene applicato il DM 270/04.



I corsi di laurea di 2° livello (laurea specialistica), dopo la riforma del '3+2' (DM 509/99), sono stati attivati nell'a.a. 2002-03; a partire dall'a.a. 2009-10 viene applicato il DM 270/04 che introduce la laurea magistrale.

Le due figure precedenti sintetizzano l'offerta formativa della Facoltà d'Ingegneria dalla riforma del '3+2' all'ultimo anno accademico. La scansione temporale della presentazione tiene conto delle modificazioni che sono intervenute per effetto dei processi di riforma avviati (1990, 2001, 2008-09). Fino al 1990 l'offerta era caratterizzata dai tre fondamentali piloni relativi all'Ingegneria Civile, Meccanica ed Elettronica.

Dopo questa data si ha una crescita del numero sia dei corsi di laurea sia dei corsi di diploma; questi ultimi hanno rappresentato una significativa offerta formativa in parallelo.

Dalle due figure precedenti si rileva come il processo di riforma (il cosiddetto '3+2') abbia determinato – tra il 2001 ed il 2008 – una forte differenziazione dell'offerta formativa rispetto alle tre aree 'tradizionali'; questo processo si è poi ricomposto dal 2008, con l'applicazione delle nuove norme previste dal DM 270/04.

Nel primo periodo di applicazione della riforma si è avuta una sorta di corrispondenza diretta tra laurea triennale e laurea specialistica; a partire dal 2008 alla 'semplificazione' dell'offerta triennale si è accompagnata una riorganizzazione delle lauree magistrali, per le quali è stato previsto un numero più consistente di indirizzi di studio, a segnalare la necessità di percorsi specialistici soprattutto per una professione ad ampio spettro come quella dell'ingegnere.

Gli studenti

Per apprezzare in maniera sintetica ed efficace la dinamica della popolazione studentesca a partire dalla costituzione della Facoltà, si sono considerate le tre aree che caratterizzano la formazione degli ingegneri: quella civile, quella industriale e quella dell'informazione.

Le grandezze che si sono assunte come rilevanti della dimensione e della dinamica degli studenti sono due: gli immatricolati e gli iscritti. Il numero di immatricolati costituisce, secondo una condivisa lettura, la capacità di attrazione dei corsi di studio, mentre il numero di iscritti indica la dimensione della popolazione in questione. Come è evidente dai 3 istogrammi seguenti con l'andamento negli anni degli immatricolati nei vari corsi di studio per l'area civile, informazione e industriale, la dinamica delle immatricolazioni appare ben legata ai diversi momenti che caratterizzano l'evoluzione dell'offerta formativa: in tutte e tre le aree le innovazioni didattiche del 1990 hanno portato ad una forte impennata d'iscrizioni, impennata che prefigura quasi un raddoppio degli immatricolati rispetto alla media dei 20 anni precedenti.

È interessante rilevare come nell'area civile un ruolo di rilievo sia rappresentato dai corsi che richiamano le tematiche territoriali ed ambientali, affiancati a quelli che rappresentano l'offerta tradizionale. Dal 2001-02 la composizione degli immatricolati in quest'area tiene conto dell'ulteriore ampliamento del numero di corsi di studio (trasporti, ambiente e risorse). Nel complesso si nota una diminuzione, in media, rispetto al picco dei primi anni novanta (circa 430 immatricolati) con una sostanziale stabilità rispetto ad una media dell'ultimo periodo di circa 350 studenti.

Anche nell'area dell'informazione si osserva un picco attorno ai primi anni 90: gli immatricolati in Ingegneria Elettronica tendono poi a ridursi per la presenza di nuovi percorsi formativi come quelli dell'informatica e delle telecomunicazioni. Dopo questo periodo, però, inizia una tendenza di leggera progressiva decrescita di immatricolati fino ad una situazione finale in cui si osserva una sostanziale confrontabilità tra i due corsi che risultano dal più recente ordinamento (elettronica e telecomunicazioni, da un lato e informatica dall'altro) con circa 100 immatricolati ciascuno.

Per quanto riguarda l'area industriale, l'andamento delle immatricolazioni è sempre ancorato alla componente di fondo dell'area e cioè l'Ingegneria Meccanica, e sembra caratterizzato da un profilo ancora diverso, con dinamiche quasi 'cicliche', cioè con fasi di espansione e di contrazione della domanda. Dalla 'bolla' iniziale si passa ad una fase di riduzione di studenti per poi ricrescere negli anni 90, con successivamente una nuova fase di contrazione per passare poi ad una nuova fase di 'ripresa' del 2001 (passando dai circa 160 studenti del primo periodo ai circa 300 degli ultimi anni). 'ripresa' che è stata anche caratterizzata da un rinnovo dell'offerta formativa in più corsi di studio rispetto al periodo precedente (con Ingegneria Gestionale, Elettrica e Biomedica).

Nel complesso, dunque, l'andamento di questo fenomeno di nuove iscrizioni segnala una vivace capacità di attrazione della Facoltà di Ingegneria nel complesso dell'Università di Firenze, rappresentando così un consolidato presidio formativo. Infatti, la individuazione di un percorso formativo professionalizzante di breve durata (tre anni) ha rappresentato la risposta ad un'esigenza del sistema

produttivo di disporre di quadri intermedi aziendali in grado di fornire una cerniera fra l'area della produzione diretta e quella della direzione aziendale. Esigenza questa accentuata dal sistema delle imprese, caratterizzato da una larghissima prevalenza di imprese di piccole e piccolissime dimensioni nelle quali appariva strategica la presenza di una figura qualificata in termini di contenuti tecnici ed operativi, caratterizzata da un percorso formativo più 'snello' (e più veloce in termini temporali!) di quello previsto per la figura d'ingegnere. Una tale domanda troverà in seguito una risposta più 'strutturata' nella riforma rappresentata dal DPR 509/99 con la definizione di una figura di ingegnere 'triennale' professionalmente orientato a collocarsi in quei segmenti aziendali direttamente rivolti alla produzione. Non c'è dubbio che le caratteristiche del sistema produttivo hanno sostenuto questa innovazione didattica-formativa, innovazione che ha portato a risultati forse meno soddisfacenti, in termini di processo formativo e di collocazione sul mercato del lavoro, di quelli relativi ai diplomi universitari. A questo proposito occorre sottolineare anche come le condizioni del sistema produttivo dell'inizio degli anni '90 (e cioè a seguito dei processi di ristrutturazione e di riorganizzazione del decennio precedente) si siano celermente modificate nei decenni successivi, con diversa organizzazione della produzione e con relative modificazioni della domanda di figure professionali dell'area ingegneristica. Il processo di riqualificazione dell'offerta formativa dopo i primi anni della riforma del 1999 ha seguito non solo i paradigmi propri del sistema universitario (legati soprattutto alla dinamica decrescente delle risorse) ma anche la parallela evoluzione del sistema produttivo, la cui domanda di formazione specialistica si è caratterizzata per una richiesta meno frammentata rispetto al periodo precedente.

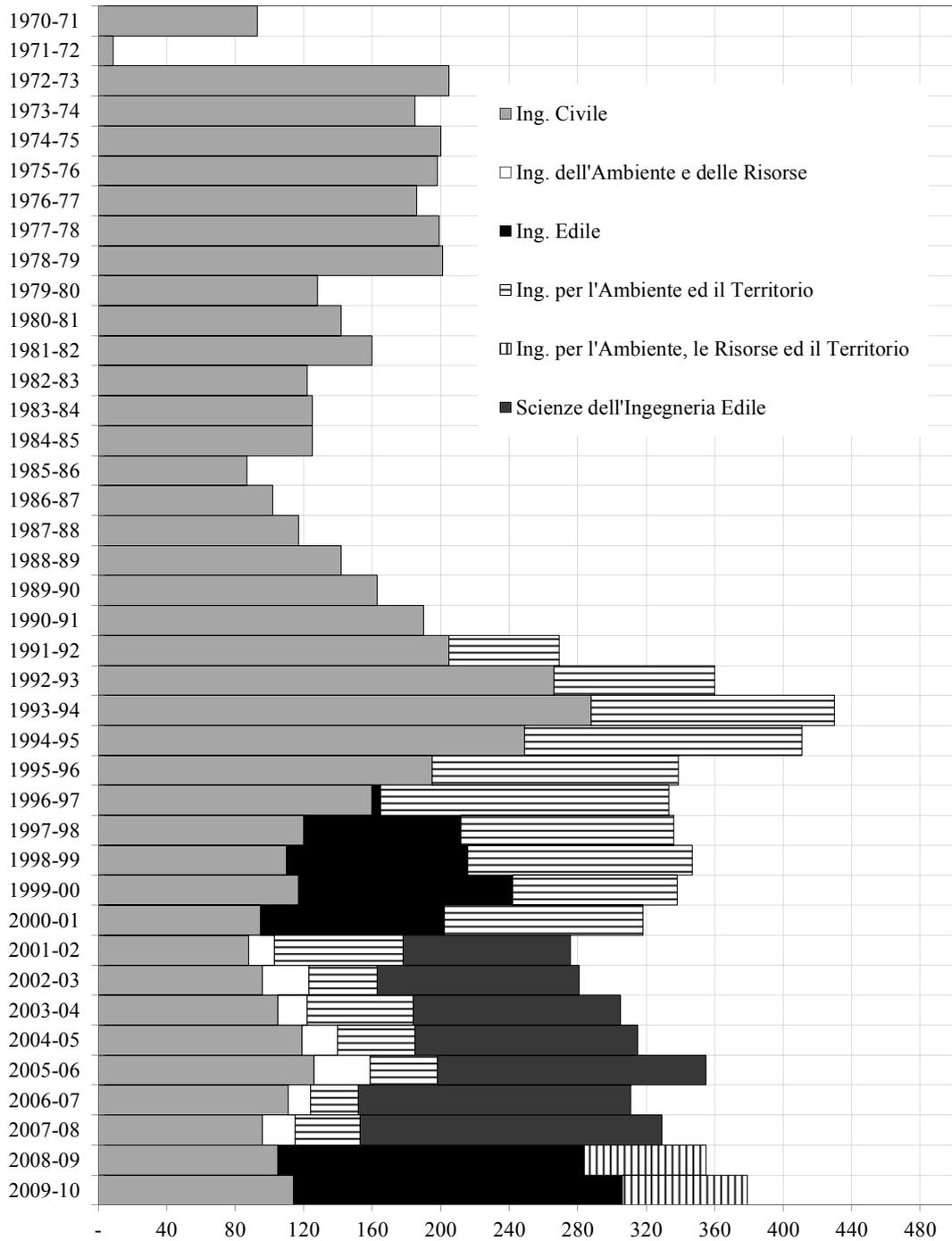
Più semplice è descrivere la dinamica degli iscritti ai corsi di studio (ultimi tre istogrammi seguenti con l'andamento negli anni degli iscritti ai vari corsi di studio per l'area civile, informazione e industriale), anche se il contenuto informativo di questa grandezza è meno trasparente dell'altra, in quanto (come è noto) la partecipazione degli studenti al proprio percorso formativo è assai variabile, ed una lettura assai disaggregata potrebbe segnalare eventuali elementi di criticità.

Le tre aree hanno un profilo temporale differenziato: dopo un'onda iniziale di crescita, legata naturalmente all'avvio della Facoltà, l'area dell'informazione mostra un'evoluzione diversa, con una netta tendenza alla crescita di iscritti con un picco fino alla metà degli anni 90 (periodo nel quale rappresenta la componente più alta di studenti con circa 2500 iscritti) per poi segnare una tendenza decrescente, fino a circa 1500 unità alla fine del periodo. Numeri sempre elevati, ma che sembrano indicare una minore 'rilevanza' quanto a popolazione studentesca insistente su quest'area.

Le altre due aree presentano, invece, un ciclo simile, soprattutto a partire dal 1990, con una progressiva e continua crescita (anche se, ovviamente, a tassi decrescenti). Per l'area civile la crescita dimensionale si stabilizza tra 2000 e 2500 unità dopo il 2001 (anche qui in seguito al rinnovarsi dell'offerta formativa, mentre quella industriale segnala anche negli ultimi anni un andamento crescente (da 1200 a 1700 unità circa).

È ovvio che in una situazione ottimale le onde di immatricolazioni dovrebbero avere andamento anticipatore e correlato rispetto all'andamento degli iscritti. Inoltre l'osservazione dei dati di immatricolati ed iscritti va certamente letta in un contesto più ampio nel quale si considerino le componenti demografiche di partecipazione allo studio universitario, i fenomeni economico-sociali connessi al tessuto produttivo ed alla domanda di lavoro, fenomeni che hanno attraversato la vita dell'università e del Paese. In questa sede l'obiettivo era quello di fornire una dimensione quantitativa corretta e coerente della popolazione studentesca interessata ai corsi di studio della Facoltà di Ingegneria, tendo conto della dinamica (tutta interna all'università) dell'evoluzione dell'offerta formativa dal 1971 ad oggi.

Area Civile - immatricolati



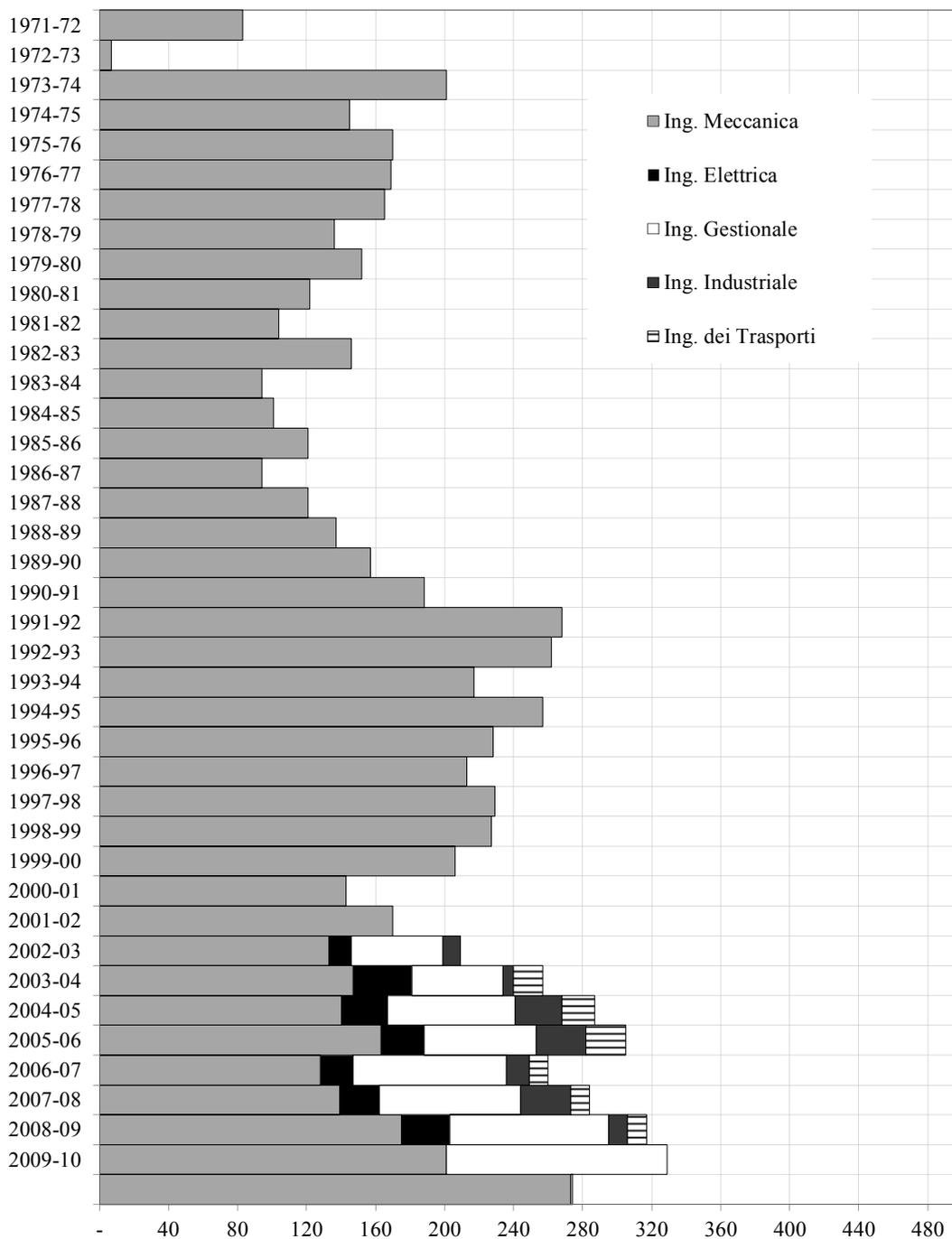
Area civile: studenti immatricolati per anno accademico e per corso di laurea dall'a.a. 1970-71 all'a.a. 2009-10.

Area Informazione - immatricolati



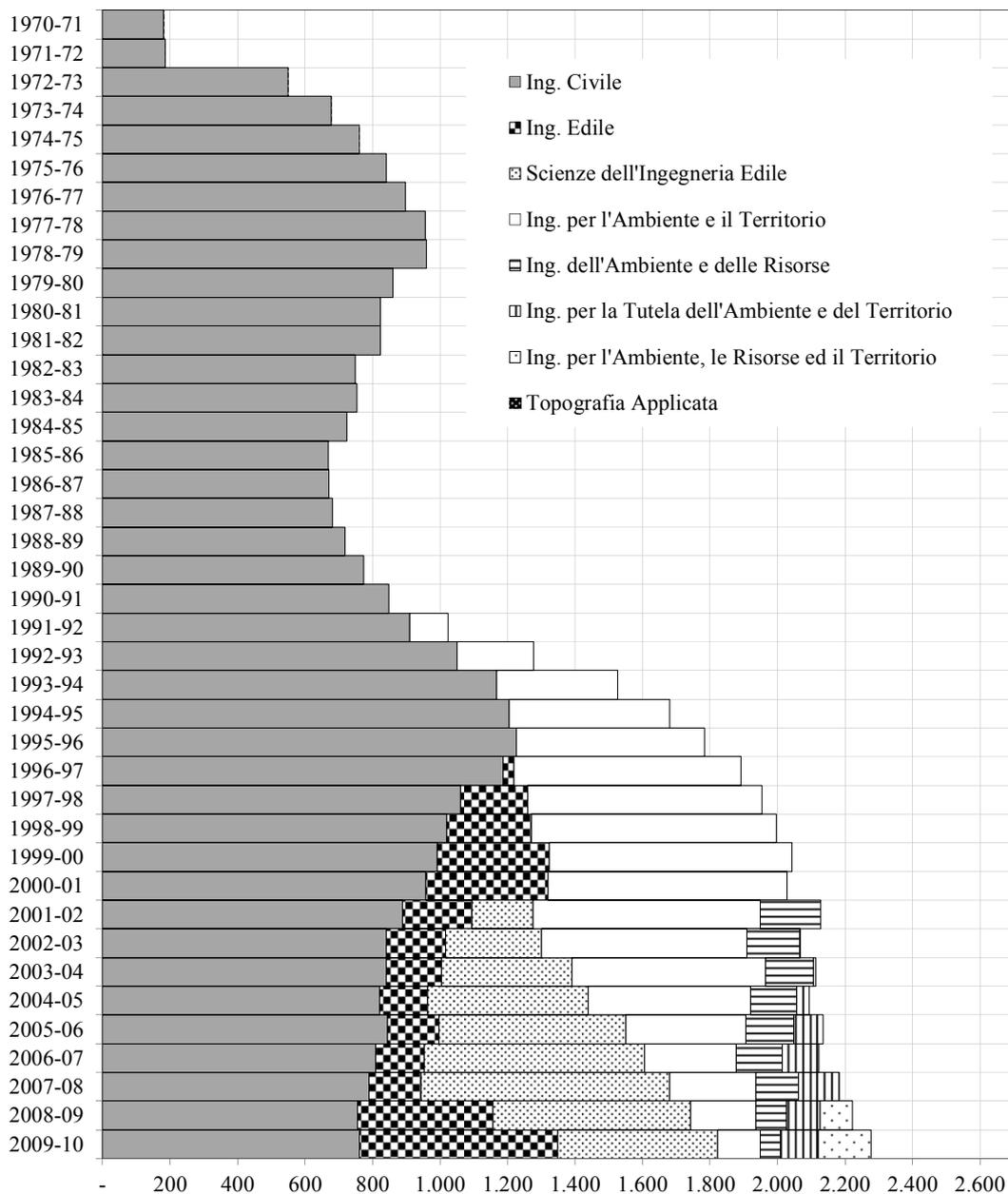
Area informazione: studenti immatricolati per anno accademico e per corso di laurea dall'a.a. 1970-71 all'a.a. 2009-10.

Area Industriale - immatricolati



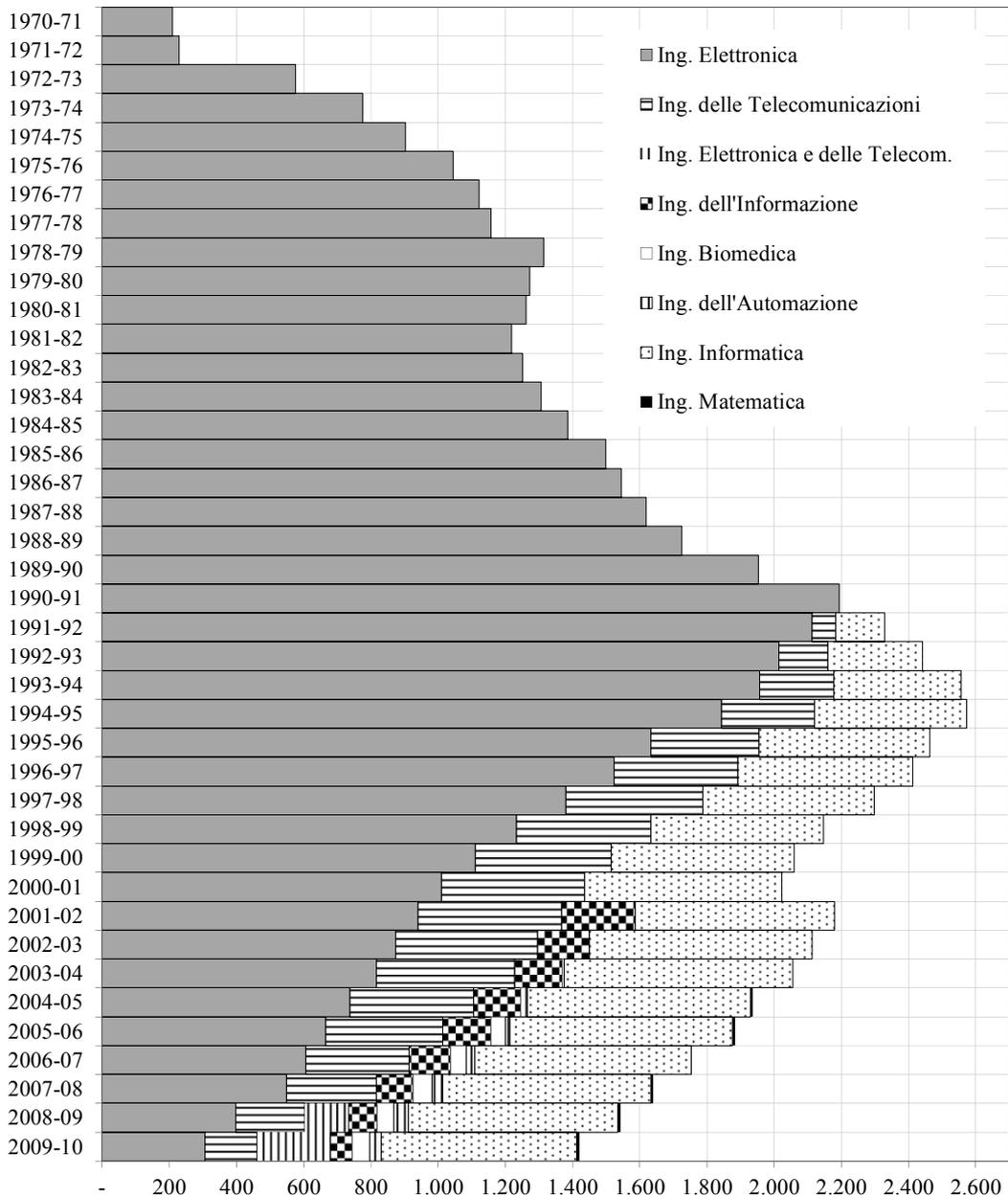
Area industriale: studenti immatricolati per anno accademico e per corso di laurea dall'a.a. 1970-71 all'a.a. 2009-10.

Area Civile - iscritti



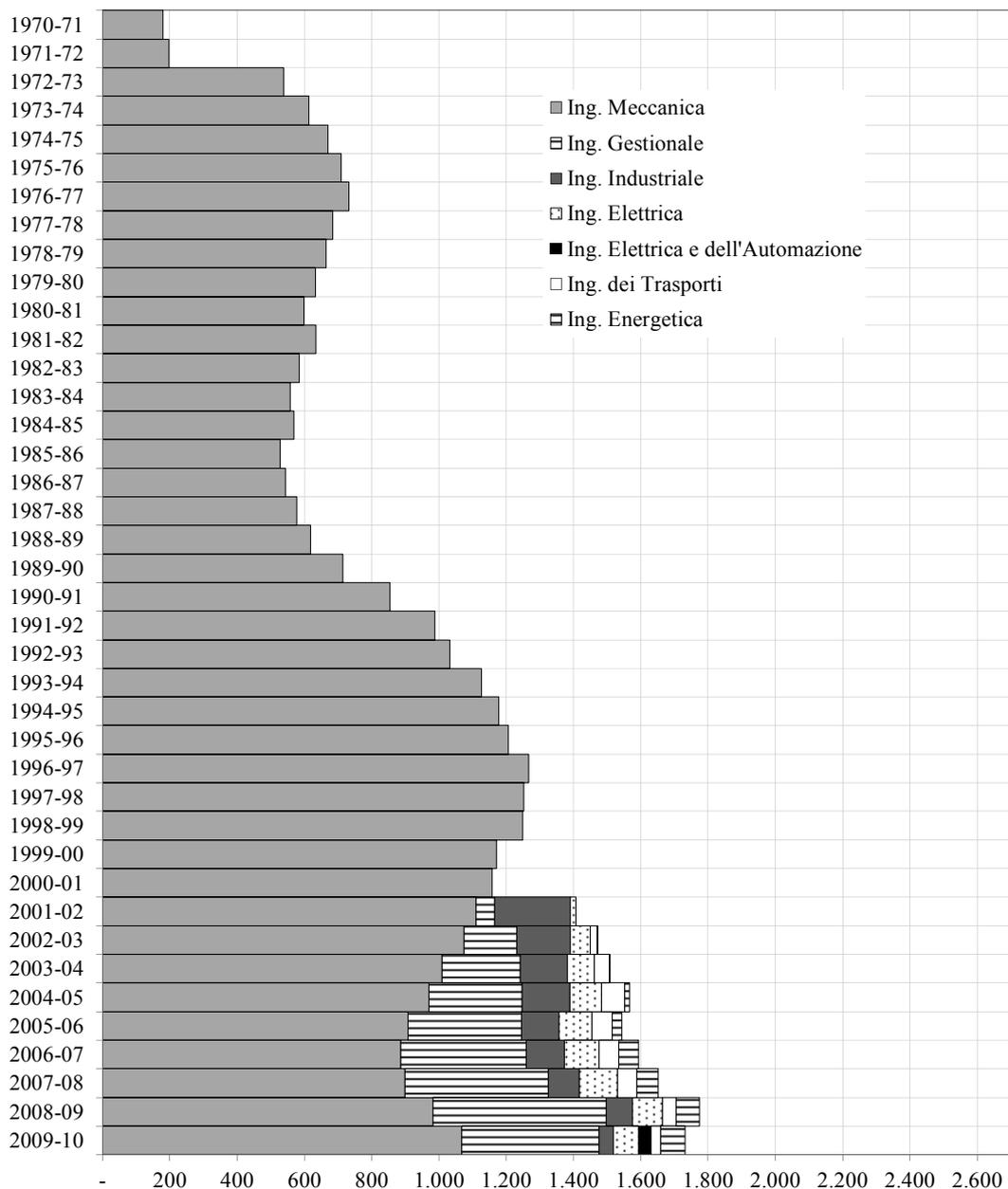
Area civile: studenti iscritti (al 31 luglio di ogni anno) per anno accademico e per corso di laurea dall'a.a. 1970-71 all'a.a. 2009-10.

Area Informazione - iscritti



Area informazione: studenti iscritti (al 31 luglio di ogni anno) per anno accademico e per corso di laurea dall'a.a. 1970-71 all'a.a. 2009-10.

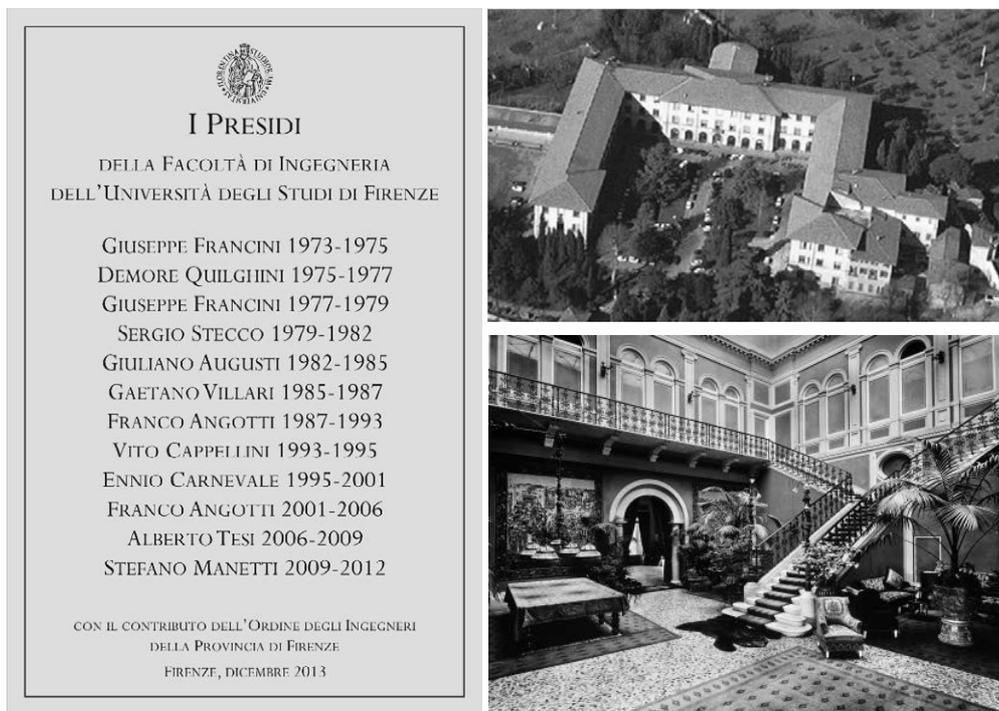
Area Industriale - iscritti



Area industriale: studenti iscritti (al 31 luglio di ogni anno) per anno accademico e per corso di laurea dall'a.a. 1970-71 all'a.a. 2009-10.

PARTE II

ATTORI E PROTAGONISTI



La targa commemorativa dei Presidi della Facoltà di Ingegneria collocata nell'ex-salone di Villa Cristina a Montughi.

INTRODUZIONE ALLA PARTE II

Questa parte è dedicata agli attori ed ai protagonisti che con il loro operato hanno determinato il corso evolutivo della Facoltà, sia per quanto riguarda la gestione della didattica, legata alla funzione istituzionale dedicata alla istruzione terziaria, che in relazione all'attività scientifica nel contesto locale e nazionale.

La dimensione della didattica viene ricostruita mediante le testimonianze dirette di coloro che hanno rappresentato la Facoltà nella veste di una figura ormai estinta, quella del preside, intesa come vettore istituzionale degli interessi e delle scelte della Facoltà nelle diverse fasi della sua attività scientifica e didattica. Attraverso le scelte e l'operato dei presidi della Facoltà, è stata tracciata la linea evolutiva della Facoltà dalla fondazione, avvenuta in un contesto di piccoli numeri e di visione tradizionalmente separata dell'attività accademica, seppur in una fase espansiva, alla ristrutturazione permanente degli ultimi venti anni, che è avvenuta in un ambito di grandi numeri e di differenziazione spinta degli interessi e delle specializzazioni e in un contesto di crescente apertura ed integrazione nell'ambiente esterno di fronte al restringimento del suo carattere pubblico.

Per la rappresentazione della dimensione della ricerca scientifica si è invece scelto di proporre le tematiche scientifiche che hanno caratterizzato questo quarantennio attraverso le lauree *honoris causa* conferite dalla Facoltà (sezione 2) e le *lectio magistralis* dei professori emeriti, che (sezione 3) ci sembrano adatte a delineare in maniera sintetica il profilo scientifico dell'Ingegneria a Firenze.

LE STRATEGIE DELLA FACOLTÀ DI INGEGNERIA. INTERVISTA CON I PRESIDI

Renato Giannetti

La istituzione della Facoltà di Ingegneria avvenne per iniziativa di un gruppo di matematici, con un ruolo rilevante anche del settore delle costruzioni di macchine. Le università di riferimento dei fondatori erano Pisa e Bologna. Il primo consiglio di Facoltà ebbe luogo il 3 novembre del 1972. Esso era costituito da solo quattro professori ordinari: Giuseppe Francini, di Elettronica Applicata, Gualberto Lisini, di Meccanica Applicata alle Macchine, Demore Quilghini di Meccanica Razionale, Gaetano Villari di Analisi Matematica e da due professori aggregati: Mario Calamia, di Campi Elettromagnetici, e Antonio Zanini di Misure Elettriche. Tre su quattro dei fondatori furono anche tra i primi presidi della Facoltà, prima Giuseppe Francini (1973-75 e 1977-79), poi Demore Quilghini (1975-77) e infine Gaetano Villari (1985-87) che venne preceduto dalla presidenza di Sergio Stecco (1979-82) e da quella di Giuliano Augusti (1982-85), in seguito trasferitosi a Roma. Giuseppe Francini, Demore Quilghini e Sergio Stecco sono scomparsi e non è stato possibile tenere conto della loro testimonianza. Del primo si è utilizzata la pubblicazione del 1986 sulla *Storia dell'Ateneo fiorentino*. Non è stato altresì possibile sentire Giuliano Augusti attualmente in servizio presso 'La Sapienza' di Roma e neppure Gaetano Villari. È alla gestione di quest'ultimo che va ricondotta la prima struttura per dipartimenti della Facoltà, in seguito all'applicazione del DPR 382/80, che ne comprendeva sei: il Dipartimento di Ingegneria Civile, (1981); il Dipartimento di Ingegneria Elettronica (1983), il Dipartimento di Sistemi ed Informatica (1983); il Dipartimento di Meccanica e Tecnologie Industriali (1983); il Dipartimento di Matematica Applicata 'G. Sansone' (1990); il Dipartimento di Energetica, in seguito intitolato a 'Sergio Stecco'.



Il prof. Demore Quilghini [Viareggio, 15 luglio 1928 – Firenze, 13 maggio 1996] Preside della Facoltà dal 1975 al 1977 [per cortesia di Pietro Quilghini].



Le celebrazioni del ventennio della Facoltà nel 1991: in primo piano da sinistra il prof. Vito Cappellini (Preside della Facoltà dal 1993 al 1995), il Cardinale Silvano Piovanelli (Vescovo di Firenze dal 1983 al 2001), il prof. Giorgio Federici, il prof. Franco Angotti (Preside della Facoltà dal 1987 al 1993 e dal 2001 al 2006).



Le celebrazioni del ventennio della Facoltà nel 1991: da sinistra il Cardinale Silvano Piovanelli, il prof. Franco Scaramuzzi (Rettore dell'Università di Firenze dal 1979 al 1991), il prof. Gaetano Villari (Preside della Facoltà dal 1985 al 1987), il prof. Sergio Stecco (Preside della Facoltà dal 1979 al 1982), il prof. Ennio Carnevale (Preside della Facoltà dal 1995 al 2001).



Il prof. Giuliano Augusti, Preside della Facoltà dal 1982 al 1985, in una foto del 2011.

La presidenza di Franco Angotti (dal novembre 1987 all'ottobre 1993)

Le testimonianze dei presidi cominciano dunque con Franco Angotti, che, in una certa misura, rappresenta la ‘memoria storica’ della Facoltà. È infatti andato in pensione nel 2012 ed è colui che ha ricoperto più a lungo il ruolo di preside. Lo è stato complessivamente per quattro mandati, in due fasi diverse della storia della Facoltà: la prima (1987-90 e 1990-93) negli anni del primo riordino della Facoltà di Ingegneria che si raggiungeva riformando, dopo ben 39 anni, quello del 1960 (DPR 53/60) e la seconda, sempre per due mandati, nella fase d'introduzione del nuovo ordinamento (DPR 509/99 e DPR 270/04) che ha introdotto nella università italiana la laurea triennale seguita dal biennio che porta alla laurea denominata dapprima *specialistica* e poi *magistrale*. Questo nuovo modello formativo ha avuto avvio nell'a.a. 2001-02.

Come è noto, il riordino del 1989 intervenne sull'impianto centralista dell'università in cui il Ministero dell'Istruzione fissava, in cambio del valore legale del titolo di studio rilasciato, paletti piuttosto rigidi sui percorsi formativi e sulle materie di insegnamento. Il riordino tuttavia si innestava sulla riforma dell'università (DPR 382/80) pensata dal ministro Ruberti e che aveva come obiettivo strategico quello di rendere l'università italiana più simile alle università europee continentali – che pure stavano sperimentando questo cambiamento – promuovendo la ricerca, ma anche un più stretto rapporto tra la ricerca, l'economia e la società attraverso la crescita dei rapporti con le imprese sia in termini di cooperazione tecnologica e organizzativa che nella formazione di ingegneri con capacità coerenti con la domanda di lavoro. In questa direzione si muoveva l'introduzione dei diplomi universitari, un livello della formazione di durata triennale, considerato più vicino alle esigenze del mercato del lavoro. Per realizzare questi obiettivi la riforma dette agli atenei una forte autonomia organizzativa, legando le loro attività al raggiungimento di obiettivi di massima fissati dalle leggi dello stato, ma lasciando loro una maggiore autonomia nella organizzazione. Le Facoltà di ingegneria furono particolarmente coinvolte dalla riforma per altre sue due importanti caratteristiche. La prima era rappresentata dalla consolidata tradizione delle Facoltà di ingegneria nello stabilire rapporti di cooperazione con il mondo esterno, che la riforma Ruberti intendeva estendere a tutte le Facoltà. La seconda, più specifica, era rappresentata dal ruolo centrale delle Facoltà di ingegneria nella formazione di laureati triennali (i diplomi universitari) che, secondo la riforma Ruberti, dovevano aver competenze più vicine alla domanda di lavoro delle imprese, che richiedevano laureati con un bagaglio formativo più professionalizzante rispetto alla formazione tradizionale. La Facoltà di Ingegneria dell'Università di Firenze partecipò in maniera molto attiva a questa riforma. Lo stesso Angotti, ad esempio, fece parte della commissione nazionale per la definizione dei diplomi, il nuovo livello della formazione superiore introdotto per avvicinarla alle esigenze del mercato del lavoro. Sotto la presidenza Angotti la

Facoltà aumentò l'offerta formativa in maniera veramente considerevole consolidando la sua posizione nel panorama nazionale.

Infatti la Facoltà approfittò subito delle opportunità offerte dal nuovo ordinamento aggiungendo ai 3 corsi di laurea (Ingegneria Elettronica, Meccanica e Civile) quelli di Ingegneria delle Telecomunicazioni, Ingegneria Informatica e Ingegneria per l'Ambiente ed il Territorio, affrontando, tra l'altro, una sfida competitiva con le più vicine Facoltà di ingegneria: Pisa e Bologna.

Più articolata fu la strada che portò, sempre sotto la presidenza Angotti, all'introduzione dei diplomi universitari. Essa infatti fu aperta dalle 'scuole dirette a fini speciali' (2 anni di corso) che ebbero avvio sotto la presidenza Angotti con 3 scuole: Tecnico Superiore in Elettronica, Topografia Applicata e Tecnologie Tessili. Quest'ultima fu aperta nella vicina Prato, dove trovò un contesto industriale molto aperto ed interessato allo sviluppo di una formazione a livello universitario in questo settore e quella in topografia che vide il pieno coinvolgimento dell'Istituto Geografico Militare, una delle più prestigiose istituzioni italiane nel settore della cartografia e del rilevamento.

Nell'a.a. 1992-93 furono istituiti i diplomi in Ingegneria Elettronica e Ingegneria Meccanica mentre il terzo diploma, in Ingegneria dell'Ambiente e delle Risorse, fu istituito nell'a.a. successivo.

Si trattava di corsi di studio sviluppati in parallelo ai corsi di laurea, aperti nella sede decentrata di Prato ed a numero chiuso. Il numero massimo di allievi ammessi fu fissato in 45 unità per i primi 2 diplomi ed in soli 20 per il terzo.

Come si è ricordato sopra, l'impatto di un'innovazione così radicale fu opportunamente mitigata dalla autonomia organizzativa attribuita alle Facoltà, che avrebbe permesso di adattare eventuali resistenze locali ai nuovi orientamenti, attenuando su base locale i punti critici che la riforma stessa creava. Ad esempio, non tutte le aree d'ingegneria erano investite allo stesso modo dalla riforma. L'idea di un 'sapere utile' e di una formazione più orientata alle esigenze della domanda di lavoro favoriva le aree più orientate alla ricerca applicata: la meccanica e l'elettronica in particolare, e toccava meno le aree di base come la matematica o la fisica o la stessa ricerca di base nelle aree più interessate dalla riforma come la stessa elettronica. Il punto più critico era rappresentato dalla natura dei corsi di diploma, che molti consideravano non compatibili con lo standard universitario ed in grado di scardinare l'identità stessa dell'ingegnere. Anche a Firenze furono avanzate riserve in tal senso: ad esempio, Giuseppe Francini espresse più volte critiche al modello di formazione *à la* Ruberti, ma anche l'Ordine degli Ingegneri espresse molte riserve sulla possibilità di iscrizione all'Ordine di questi diplomati, come ha ricordato lo stesso Angotti nel corso dell'intervista.

Ad attenuare queste riserve e resistenze contribuì in maniera rilevante l'allargamento del reclutamento che caratterizzò questa fase a cavallo tra la fine degli anni '80 e gli anni '90.

Sotto la presidenza Angotti si realizzò un considerevole sviluppo della ricerca nel campo dell'ingegneria sismica che finalmente poteva trasferirsi nella Normativa Tecnica e nella formazione di ingegneri strutturisti chiamati ad operare in un territorio nazionale ormai interamente riconosciuto come sismico seppure con diversi gradi.

La presidenza di Vito Cappellini (dal novembre 1993 all'ottobre 1995)

La presidenza di Vito Cappellini è stata la più breve delle presidenze, infatti già nel corso del secondo anno Cappellini venne coadiuvato da Ennio Carnevale, vice preside, che poi ne prese il ruolo nei due trienni successivi. La candidatura fu avanzata in presenza di una candidatura alternativa, quella di Antonino Liberatore, una novità nella tradizionale proposizione di un solo candidato la cui scelta, secondo le testimonianze convergenti dei presidi, era legata all'alternanza delle aree disciplinari. La presidenza Cappellini si mosse in conformità al percorso di rinnovamento indicato dalla riforma Ruberti e ne rappresentò forse il momento più 'visionario' e controverso per quanto riguarda la Facoltà. Un contributo importante alle iniziative di Cappellini venne dalla presenza di un nuovo rettore, Paolo Blasi, entrato in carica nel novembre del 1991, il cui programma si basava su una profonda trasformazione della 'visione culturale' di tutte le Facoltà dell'Ateneo. Questa prevedeva un loro robusto coinvolgimento nella 'rivoluzione informatica' che caratterizzava questa fase storica e che implicava la convergenza di competenze e metodi di ricerca attorno alle nuove tecnologie generaliste dell'informazione e della comunicazione. A ingegneria, Cappellini si fece così promotore del rafforzamento dei corsi di laurea in Ingegneria elettronica ed Ingegneria delle telecomunicazioni, strinse accordi con molte imprese nel settore della *Information and Communication*

Technology e prese diverse iniziative nel settore dei beni culturali come, ad esempio, la digitalizzazione di 1400 opere degli Uffizi. Favorì la partecipazione della Facoltà anche ad alcune iniziative organizzate attorno alla costituzione dei ‘poli tecnologici’. Questi erano centri di ricerca pubblico-privato ritenuti in grado di esercitare, secondo la politica industriale del periodo, un effetto positivo sul tessuto economico dei sistemi locali di produzione, come era il caso del Polo Universitario della città di Prato, al quale la Facoltà di Ingegneria dette un contributo essenziale.

La presidenza di Ennio Carnevale (dal novembre 1995 all’ottobre 2001)

Ennio Carnevale fu eletto dopo aver affiancato Vito Cappellini nell’ultimo anno del suo mandato per problemi vari di gestione. La sua presidenza è stata caratterizzata essenzialmente dalle questioni relative alla edilizia universitaria e alla costituzione dei poli (sociale, scientifico, umanistico), che ne accompagnarono tutta l’attività di presidenza. Il progetto dei poli prevedeva massicci investimenti edilizi per trasferire almeno due aree, quella scientifica e quella sociale, fuori dal centro. Il progetto venne impostato dal Rettore Paolo Blasi e portato ‘quasi’ a compimento nella successiva gestione di Augusto Marinelli. In questo contesto, il punto cruciale dei rapporti tra la Facoltà di Ingegneria e il Rettorato è stato rappresentato dal mancato coinvolgimento della Facoltà nella costituzione del polo di Sesto che creò qualche frizione tra la Facoltà e il Rettore Blasi prima e Marinelli poi. La Facoltà si trovava già nella sede attuale, ma i docenti e il preside desideravano trasferirsi nel polo di Sesto Fiorentino nel quale avrebbe potuto più agevolmente sistemare i laboratori di ricerca che non trovavano nel vecchio seminario una sistemazione appropriata. Carnevale si attivò direttamente per l’alienazione di Santa Marta ad un gruppo alberghiero al fine di finanziare lo spostamento della Facoltà nel nuovo polo scientifico di Sesto Fiorentino, ma l’iniziativa creò qualche contrasto con il rettorato che rivendicò con successo la sua competenza istituzionale nelle questioni edilizie dell’Ateneo e si arenò.

La gestione di Carnevale è stata anche quella investita dalla fase preparatoria all’introduzione del modello 3+2 con il DPR 509/99, che cambiò l’organizzazione didattica e soprattutto la pose al centro della gestione delle presidenze delle Facoltà fino ad oggi. Il DPR 509 prevedeva l’introduzione di una laurea triennale e di un biennio specialistico. Con la prima si cercava di porre rimedio alle difficoltà incontrate dai diplomati a diventare un livello autonomo della formazione terziaria, con la seconda si introduceva un titolo di secondo livello (specialistico) che riprendeva, allungandolo, l’ordinamento e gli obiettivi formativi dell’università prima della riforma Ruberti. Si trattava di un compromesso che permetteva di allargare la platea dei laureati di primo livello – del tutto simile al diploma e in grado di rispondere prima e meglio alle esigenze del mercato del lavoro – e di filtrare gli studenti verso un secondo livello, biennale più specialistico. Il risultato concreto fu la proliferazione dei corsi di laurea e la tendenza degli studenti a seguire comunque l’intero iter formativo di cinque anni. Proseguì inoltre l’espansione esterna in particolare del PIN di Prato e la crescita dei rapporti con le imprese e gli enti pubblici per raccogliere risorse che cominciavano a scarseggiare all’interno soprattutto per il poderoso impegno edilizio dei poli. Ad esempio, i dipartimenti dell’area dell’ingegneria ottennero fondi europei nel campo dell’aerospaziale e delle energie rinnovabili e vennero stipulati numerosi contratti con grandi imprese come Avio, Ansaldo, Fincantieri, Telecom. Si svilupparono anche iniziative con le PMI (piccole e medie imprese) e le pubbliche amministrazioni, in particolare la regione, nel campo delle tecnologie tessili e della motoristica. Di conseguenza aumentò la diversificazione dei diversi dipartimenti in termini di disponibilità di risorse e si accentuò la differenziazione tra ricerca e didattica, che diventò l’attività pressoché esclusiva delle Facoltà rispetto ai Dipartimenti, in particolare dopo i riordini DPR 509/99 e DPR 270/04 che definirono criteri sempre più stringenti per l’organizzazione dei corsi di laurea, assorbendo enormi energie organizzative.

La presidenza di Franco Angotti (dal novembre 2001 all’ottobre 2006)

Come si è già anticipato, l’introduzione del DPR 509/99 creò molte difficoltà nella gestione della Facoltà perché le diverse aree scientifiche dovevano adattarsi in maniera diversa al cambiamento richiesto. Ad esempio, le discipline di base erano molto ridimensionate nel corso di laurea triennale, perché venivano concentrate in un solo anno invece che nei tradizionali due. La laurea triennale, come i diplomati, rappresentò ancora il punto critico della applicazione della riforma e questo fu probabilmente all’origine della nuova candidatura, unanime di Franco Angotti alla presidenza. Infatti Angotti, come si è ricordato sopra, aveva

partecipato alla commissione nazionale sui diplomi introdotti dalla riforma Ruberti e ne aveva gestito l'applicazione in sede locale, poteva dunque portare la sua esperienza alla soluzione di problemi simili a quelli sollevati dalla introduzione dei diplomi. Ad esempio, la forte contrazione delle materie del vecchio biennio (Analisi Matematica, Fisica, Chimica, Disegno, ecc.), la difficile riorganizzazione delle tradizionali discipline di base dell'ingegneria (Scienza delle costruzioni, Meccanica Applicata, Fisica Tecnica, Elettrotecnica, ecc.) e la necessità, come richiesto dal DPR 509/99, di conferire un titolo professionalizzante. Nel corso di questo mandato si accentuò quella che Carnevale, nell'intervista, ha definito una sorta di 'balcanizzazione' dei dipartimenti. Essi vennero differenziandosi in termini di disponibilità di risorse: si accentuò il divario tra le dotazioni di risorse di ricerca locali e quelle esterne che continuò pertanto a ridimensionare gli insegnamenti di base e ad alimentare conflitti all'interno dei corsi di laurea in quanto le esigenze della didattica erano alla base del reclutamento – scorrimento dei docenti. Ad esempio, cambiò in modo sensibile il numero e la tipologia dei corsi di laurea e la distribuzione dei docenti e degli studenti.

Le nuove regole dei concorsi universitari con l'idoneità di 3 docenti, in vigenza da troppi anni, ha sottolineato Angotti, mise a dura prova il temperamento di due esigenze contrapposte: uno sviluppo programmato della Facoltà dettato dal forte impatto del modello '3+2' e l'idoneità acquisita in concorsi richiesti da altre sedi universitarie da giovani ricercatori e/o professori associati della stessa Facoltà.

Si capiva che la Facoltà era al centro di una crescita difficile da controllare e che si doveva misurare anche con un assetto edilizio divenuto da tempo insufficiente. Il complesso di Santa Marta era sfruttato in maniera massiccia e spesso al limite della sicurezza richiesta dalla sempre più stringente legislazione nazionale in materia.

Angotti riprese così l'idea di Carnevale di costruire la nuova sede della Facoltà nel Polo Scientifico di Sesto Fiorentino. Investì nell'idea il Rettore Marinelli che intravide subito la possibilità di realizzare il trasferimento non solo di Ingegneria ma anche di completare quello di Agraria. I finanziamenti erano stati individuati sia nella vendita di Santa Marta, da soli insufficienti, sia nell'erogazione di un finanziamento dell'INAIL (Istituto Nazionale per l'Assicurazione contro gli Infortuni sul Lavoro) che istituzionalmente investe in edilizia con destinazione pubblica. Angotti coordinò il progetto della nuova sede (circa 35.000 mq per i soli dipartimenti) in una visione di assetto pluriennale dell'intera Facoltà e seguì l'iter di approvazione degli strumenti urbanistici da parte del Comune di Sesto Fiorentino. Sembrava che tutto dovesse convergere verso un esito positivo, quando intervenne il Ministro del Tesoro che cominciò a rastrellare fondi, *in primis* quelli INAIL, essendo alle porte la ben nota crisi finanziaria dei nostri tempi. Il progetto in tale modo naufragò.

La presidenza di Alberto Tesi (dal novembre 2006 all'ottobre 2009)

La presidenza di Alberto Tesi ha rappresentato una discontinuità forte rispetto alle presidenze precedenti. Tesi è stato infatti il primo preside ad essersi laureato nella Facoltà fiorentina e ha rappresentato anche un cambiamento generazionale rilevante. Si trovò altresì a gestire a Ingegneria tre punti critici importanti dell'università italiana di quel periodo: la riduzione, fino al 2002-03, e il blocco, in seguito, delle risorse trasferite dallo Stato alle università e da queste alle Facoltà e ai dipartimenti; l'introduzione di una ulteriore riforma dell'ordinamento, quello della legge 270 che prevedeva una complessa definizione degli ordinamenti, la certificazione della qualità dei corsi e della loro valutazione; la crisi finanziaria dell'Ateneo fiorentino che bloccò i progetti edilizi in corso e il reclutamento di docenti per tre anni a fronte anche di una rapida diminuzione degli organici per pensionamento. Questo contesto di crisi richiedeva ai presidi capacità diverse, più gestionali che strategiche, adattative invece che innovative e soprattutto rigorosamente limitate alla organizzazione didattica. Tesi condusse a termine il difficile processo di riduzione dei corsi di laurea a partire dal 2007, riproponendo, alla fine, un modello formativo più tradizionale, che poneva al centro la formazione di base e riportava la didattica nell'ambito della formazione tradizionale dell'ingegnere. La formazione professionale fu affidata ai tirocini, agli *stage*, ai laboratori che prevedevano crediti formativi come le discipline tradizionali. Molte attività formative esterne periferiche furono ridimensionate, come quelle di Prato e di Pistoia.

I dipartimenti accrebbero ancora la loro autonomia attraverso la capacità differenziale di acquisire risorse esterne potenziando i legami tra imprese, enti locali ed università, che si allargarono al finanziamento di attività di formazione-ricerca attraverso il finanziamento di assegni regionali e aziendali di ricerca e con

il finanziamento da parte degli stessi soggetti anche di borse di dottorato. La Facoltà, dal conto suo, mise in piedi anche un'iniziativa nel campo della formazione per la sicurezza dei cantieri, il progetto *Safety Manager*, con la Regione Toscana e l'INAIL.



Il prof. Alberto Tesi, Preside della Facoltà dal 2006 al 2009 e Rettore dell'Università di Firenze dal 2009.

La presidenza di Stefano Manetti (dal novembre 2009 al dicembre 2012)

La candidatura di Stefano Manetti ha rappresentato la continuità con quella di Alberto Tesi, Manetti condivideva con Tesi anche la laurea fiorentina e l'appartenenza alla stessa generazione di docenti. Del resto non erano cambiate le condizioni strutturali dell'università sia in termini di crisi finanziaria locale che di gestione del DPR 270/04. In più il Ministro Gelmini varò nel 2010 una legge organica di riassetto dell'università (Legge 240/10) che implicava una sua profonda ristrutturazione organizzativa che prevedeva la concentrazione dei dipartimenti esistenti e l'affidamento ad essi della gestione di tutte le attività di ricerca e di didattica, abolendo le Facoltà che della didattica erano diventate il centro a partire dai DPR 509 e 270. La legge Gelmini inoltre riduceva l'autonomia organizzativa delle università dettando precise regole statutarie e dettava rigide modalità di organizzazione dei corsi, con un deciso ritorno a un rapporto gerarchico tra centro e periferia. Nelle more delle complesse procedure richieste dalla legge Gelmini, a partire dai nuovi statuti, la presidenza si è trovata così a gestire ancora una volta l'attività didattica in vista della transizione verso il nuovo assetto statutario che non la prevede, e a predisporre l'istruttoria per la costituzione dei nuovi dipartimenti, meno numerosi di quelli già esistenti. Nel corso della presidenza di Manetti sono state così identificate tre aree: industriale, informazione e civile ambientale. Le prime due sono apparse più affini in termini di requisiti formativi, più difficile si è rivelata la formazione della terza che ha riproposto i consueti problemi di sovrapposizione con architettura nel campo delle tecnologie e delle costruzioni.

Sono stati invece ancora i dipartimenti a gestire in via prevalente i rapporti esterni sia con le imprese che con gli enti locali. La Facoltà si è limitata a proseguire il progetto di *Safety Manager* con la Regione Toscana, stipulato durante la gestione di Tesi e a stringere, nel 2010, un accordo *Trans Engine* con imprese tedesche in Baden Wuttemberger che prevede tirocini in Germania di ingegneri meccanici ed elettrici laureati a Firenze che si è tuttavia rivelato di difficile gestione.



Il prof. Stefano Manetti, Preside della Facoltà dal 2009 al 2012.

Brevi curricula dei presidi

Di seguito sono delineati i *curricula* di alcuni dei Presidi della Facoltà di Ingegneria. Non sono presenti i *curricula* di Giuseppe Francini e di Demore Quilghini.

Sergio Stecco – Si laurea in Ingegneria meccanica (Genova, 1966), inizia da subito a dedicarsi alla ricerca, lavora presso gli *Hazelwood International Laboratories* per un certo periodo prima di rientrare a Roma nel 1968, come assistente ordinario; è incaricato di corsi di macchine e meccanica applicata alle macchine in diverse sedi nazionali, fra cui Cagliari, Genova e l'Aquila. Giovaniissimo, nel 1975, diviene professore ordinario di macchine e viene chiamato presso la Facoltà di Ingegneria di Firenze. Qui svolge tutta la sua brillante attività universitaria, e promuove la nascita di un consistente gruppo di ricerca, la scuola, nel campo delle macchine e dell'energia; nel 1979 fonda l'Istituto di Energetica, introducendo per la prima volta nel mondo accademico italiano questa titolazione, piena di prospettive scientifiche, che poi avrà grande successo in tutta Italia. Nello stesso anno diviene Preside della Facoltà, dando un significativo impulso alla giovane Facoltà, e stabilendo un rapporto privilegiato con l'allora Rettore Scaramuzzi, che sotto la sua presidenza acquista per la Facoltà l'ex seminario minore di S. Marta, ove ancor oggi ci troviamo, e che, per nove anni, lo volle suo delegato alla Ricerca Scientifica di Ateneo. Successivamente (1982) fonda il Dipartimento di Energetica, dedicato alle problematiche dell'Energia, una struttura aperta al contributo delle varie competenze; ne rimane direttore dal 1985 al 1990, e nello stesso tempo collabora, in consorzio con altre sedi, alla nascita del Corso di dottorato in Ingegneria delle Macchine. Fin dal suo arrivo a Firenze si integra perfettamente nel tessuto industriale cittadino avviando proficui rapporti e collaborazioni con il Nuovo Pignone e con l'Associazione Industriali divenendo nel 1985 presidente del CESVIT (CENTRO per lo SViluppo dell'Innovazione Tecnologica). Il suo valore scientifico e la sua personalità sono apprezzate nella comunità nazionale, ma nello stesso tempo egli sviluppa la sua dimensione internazionale che lo porta, oltre che a partecipare e presiedere numerosi congressi internazionali ed a collaborare con istituzioni straniere quali l'EPRI ed il DOE in USA, ad organizzare una fortunata serie di congressi internazionali a Firenze, FLOWERS (*Florence World Energy Research*), purtroppo interrotti dalla sua prematura scomparsa, nel 1993, durante un viaggio negli States per accompagnare un brillante collaboratore a ricevere un riconoscimento internazionale delle ASME. Nella purtroppo breve esperienza a Firenze è stato comunque capace di far nascere e consolidare una scuola di alta qualità scientifica riconosciuta in Italia ed all'estero.

Giuliano Augusti – Si laurea in Ingegneria civile (Napoli, 1958), PhD (Cambridge, UK, 1964), libero docente in Scienza delle Costruzioni (1965). Assistente e/o professore incaricato (Napoli, Palermo, Firenze, Cagliari; 1959-73), professore ordinario di Scienza delle Costruzioni dal 1973 (Firenze, 1973 – 1985; Roma

‘La Sapienza’, 1985-10). *Doctor of Science*, University of Cambridge, 1999; *Doktor-Ingenieur Ehren halber* (dottore in Ingegneria *honoris causa*), Ruhr Universität Bochum (Germania), 1997; *Fellow* della SEFI (Società Europea Formazione Ingegneri), 1996; Socio Straniero della Accademia Russa di Scienze dell’Architettura e dell’Ingegneria Strutturale (2000). Fondatore nel 1987 (e presidente fino al 1999) dell’ANIV (Associazione Nazionale per l’Ingegneria del Vento). Direttore dal 1992 al 1998, ed attualmente presidente onorario, del Centro di Ricerca Interuniversitario per l’Aerodinamica delle Costruzioni e Ingegneria del Vento CRIACIV (sede: Università di Firenze); membro dell’*Editorial Board* di varie riviste nazionali e internazionali, e di varie associazioni scientifiche: tra l’altro, membro dell’*Executive Board* della *International Association for Structural Safety and Reliability* (IASSAR).

Gaetano Villari – È nato a Messina il 9 Luglio 1923, e si laurea in matematica all’Università di Messina nel primo dopoguerra. Si trasferisce a Firenze nel 1951, cogliendo l’invito del professor Blasche. A Firenze prende l’incarico di assistente volontario che gli propone Giovanni Sansone. Non ricevendo stipendio lavora come bibliotecario presso la biblioteca dell’Istituto di Matematica (con questo sistema Sansone riusciva a retribuire i suoi assistenti: come Villari hanno lavorato in biblioteca anche Santoro e Quilghini). Nasce in quegli anni la sua profonda amicizia con Roberto Conti. Quando Roberto Conti nel 1956 vince il concorso da ordinario, Gaetano Villari prende il suo posto di assistente. Successivamente vince la libera docenza e poi diventa professore di ruolo. Il suo campo di ricerca è stato la teoria delle equazioni ordinarie, seguendo gli insegnamenti di Giovanni Sansone. Suoi allievi sono Massimo Furi, Pierluigi Zezza, Mauro Marini, Mariella Cecchi.

Franco Angotti – Si laurea in Ingegneria civile (Pisa, 1966), assistente ordinario (Ingegneria, Firenze, 1971-80), professore ordinario di Scienza delle Costruzioni (Ingegneria, Firenze, 1980-11), ha svolto attività di ricerca nel campo dell’ingegneria strutturale. Relatore ad invito di numerosi convegni su temi legati all’evoluzione dei codici nel campo del calcestruzzo strutturale. Ha ricoperto numerose cariche accademiche: Direttore del Dipartimento di Ingegneria Civile (Firenze 1983-88), Preside della Facoltà di Ingegneria (Firenze, 1987-93 e 2001-06), rappresentante dell’area di ricerca tecnologica dell’Ateneo nel Senato Accademico. Coordinatore del dottorato di ricerca in Ingegneria delle Strutture gestito dal consorzio fra le Università di Firenze, Bari, Genova, Pisa e Udine dal 3° ciclo (1986) fino al 15° ciclo. Responsabile scientifico nazionale di molti progetti di ricerca l’ultimo dei quali è il progetto strategico CNR *Sicurezza e qualità nelle costruzioni civili e meccaniche* – Sottoprogetto 3: Durabilità strutturale e sicurezza delle costruzioni nei riguardi della protezione antincendio. Membro della Commissione Nazionale MIUR ingegneria-architettura per i problemi formativi e professionali nel settore dell’ingegneria civile e dell’architettura. Ha ricoperto i seguenti incarichi nell’ambito della Normativa Tecnica Nazionale ed Europea: presidente della Commissione Nazionale Strutture in cemento armato normale e precompresso dell’UNI-Ente Normatore Nazionale, nonché rappresentante italiano presso la corrispondente commissione europea del Comitato Europeo di Normazione CEN/TC250/SC2, fin dalla sua costituzione, avvenuta il 16/11/90. Segretario Tecnico della Commissione di studio per le norme sulle costruzioni in cemento armato normale e precompresso del CNR dal 1977 al 1998 e membro della stessa Commissione di studio e consultiva per le norme tecniche relative alle costruzioni del CNR dal 2002. Esperto esterno del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici (1993-1996) per l’aggiornamento delle Norme Tecniche. Membro della Commissione di studio AICAP (Associazione Italiana Cemento Armato e Precompresso) per le strutture in calcestruzzo dal 2003 nonché tesoriere della stessa Associazione. Membro del Gruppo di lavoro del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici per la predisposizione dei parametri nazionali previsti dagli Eurocodici strutturali. Presidente della Interporto della Toscana Centrale SpA (1993-98). Presidente dell’Ordine degli ingegneri della provincia di Firenze (1998-01).

Vito Cappellini – Ha svolto la sua attività di ricerca presso l’IROE (Istituto di Ricerca sulle Onde Elettromagnetiche) del CNR di Firenze dal 1963 al 1975 e, successivamente, presso il Dipartimento di Elettronica e Telecomunicazioni dell’Università di Firenze dal 1976 ad oggi. È stato Preside della Facoltà di Ingegneria di Firenze dal 1993 al 1995. Gli argomenti principali di ricerca, di cui si è occupato, sono: analisi ed elaborazione numerica dei segnali e delle immagini, comunicazioni numeriche per collegamenti terrestri e con satelliti, telematica, sistemi radar, telerilevamento, sorveglianza ambientale, biomedicina, Beni Culturali. Ha pubblicato oltre 350 articoli su riviste scientifiche italiane ed internazionali ed ha contribuito a

diversi libri, come autore/co-autore o editore/co-editore. È stato coordinatore del Progetto Strategico Uffici del CNR dal 1989 al 1993. È membro del CNIT (Consorzio Nazionale Interuniversitario per le Telecomunicazioni). È Presidente del MICC (*Media Integration and Communication Center*) dell'Università di Firenze e Responsabile del Laboratorio Congiunto di Ricerca sui Sistemi per le Immagini Digitali tra il MICC e la HITACHI Ltd. Svolge funzioni di 'Esperto' per progetti del MIUR (Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca). È *Fellow* della IEEE (*Institute of Electrical and Electronics Engineers*), membro della AEI e dell'AIT.

Ennio Carnevale – Laureato in Ingegneria Meccanica nell'Università di Roma nel 1971, ricercatore del Consiglio Nazionale delle Ricerche presso l'Istituto Motori di Napoli dal 1973. Corso di specializzazione presso il Queen Mary College di Londra nel 1974 per ricerche sulla automazione dei banchi prova motori. Assistente ordinario presso l'Università di Roma e professore incaricato all'Università dell'Aquila fino al 1975. Professore incaricato di Progetti di Macchine presso la Facoltà di Ingegneria dell'Università di Firenze dal 1976 al 1980. Professore straordinario di Macchine dal 1980. Professore ordinario dal 1983 nell'Università degli Studi di Firenze, Facoltà di Ingegneria, Dipartimento di Energetica 'S. Stecco'. È titolare degli insegnamenti del settore scientifico disciplinare: 'Sistemi per l'energia e l'ambiente.' Presidente del Consiglio di Corso di Laurea in Ingegneria Meccanica dal 1989, riconfermato per il triennio 92-94. Direttore della Scuola diretta a fini speciali in Tecnologie Tessili dal 1992 al 1996. Esperto Scientifico per la valutazione di Progetti di ricerca per conto della Comunità Economica Europea, del Ministero dell'Università e della Ricerca, del Ministero per lo Sviluppo Economico. Membro di vari comitati tecnico scientifici internazionali sulle problematiche degli impianti industriali di potenza, sugli impianti di valorizzazione dei rifiuti solidi urbani e degli scarti industriali, e sulle relative problematiche di impatto ambientale.

Alberto Tesi – Ha conseguito la laurea in Ingegneria Elettronica presso l'Università di Firenze e il titolo di dottore di ricerca in Ingegneria dei Sistemi presso l'Università di Bologna. È professore Ordinario presso la Facoltà di Ingegneria dell'Università di Firenze, dove dal 1992 tiene il corso di *Controlli Automatici*. Dal 1990 afferisce al Dipartimento di Sistemi e Informatica della stessa Università. È stato preside della Facoltà di Ingegneria. Dal 1 novembre 2009 è Rettore dell'Università degli Studi di Firenze. È stato editore associato delle riviste *IEEE Transactions on Circuits and Systems* (1994-1995), *IEEE Transactions on Automatic Control* (1995-1998) e *Systems and Control Letters* (1995-2010). È stato membro del *board* editoriale della *Conference on Decision and Control* (1994-1999) e della *American Control Conference* (1995-2000), e membro del comitato di programma di numerose conferenze. È stato membro del *Policy Committee of the International Federation of Automatic Control* (IFAC) (2008-2011). Gli interessi di ricerca riguardano prevalentemente l'analisi di sistemi non lineari, il controllo robusto di sistemi lineari e le tecniche di ottimizzazione convesse. È co-autore di circa 170 pubblicazioni a carattere scientifico.

Stefano Manetti – Si è laureato in Ingegneria elettronica all'Università di Firenze nel 1977. Dal 1980 al 1983 è stato docente di Elettronica Applicata all'Accademia Navale di Livorno. Dal 1983 al 1987 è stato ricercatore di Elettrotecnica e, dal 1987 al 1994, professore associato di Teoria delle Reti Elettriche presso la Facoltà di Ingegneria dell'Università di Firenze. Dal 1994 è professore ordinario di Elettrotecnica, dal 1994 al 1996 all'Università della Basilicata e, dal 1996 presso la Facoltà di Ingegneria dell'Università di Firenze. Le sue attività di ricerca riguardano la teoria dei circuiti e, in particolare, le reti neurali, la diagnosi di guasto dei circuiti, i filtri a condensatori commutati, le tecniche di analisi simbolica dei circuiti e le loro applicazioni. È membro della IEEE (*Institute of Electrical and Electronics Engineers*) e dell'AEIT (Federazione Italiana di Elettrotecnica, Elettronica, Automazione, Informatica e Telecomunicazioni).

Tabella VIII – I presidi della Facoltà di Ingegneria dal 1987 al 2012.

ANNO	PRESIDE	RETTORE	MINISTRO	PROVVEDIMENTO	ANNO			
1987					1987			
1988	 Franco Angotti Area Civile	 Franco Scaramuzzi	Luigi Giannelli (DC)		1988			
1989				DPR 20/4/1989 Istituzione MURST	1989			
1990				Antonio Ruberti (PSI)		1990		
1991						1991		
1992					Alessandro Fontana (DC)		1992	
1993	 Vito Cappellini Area Informazione	 Paolo Blasi	Luigi Berlinguer (PDS) Umberto Colombo (ind.)		1993			
1994						1994		
1995					Stefano Podestà (FI)		1995	
1996					Giorgio Salvini (Ind.)		1996	
1997					Luigi Berlinguer (PDS)	Modello 3+2	1997	
1998	 Ennio Carnevale Area Industriale	 Paolo Blasi	 Stefano Podestà		1998			
1999						Decreto 509 Istituzione del MIUR	1999	
2000						Ortensio Zecchino (PPI)		2000
2001								2001
2002								2002
2003	 Franco Angotti Area Civile	 Augusto Marinelli	 Letizia Moratti (FI)		2003			
2004						Decreto 270	2004	
2005							Istituzione dei requisiti	2005
2006								2006
2007						Fabio Mussi (RC)		2007
2008	 Alberto Tesi Area Informazione	 Augusto Marinelli	 Mariastella Gelmini (FI)		2008			
2009						L. 133/2008	2008	
2010								2009
2010	 Stefano Manetti Area Informazione	 Alberto Tesi	 Francesco Profumo (ind.)		2010			
2011						L. 240/2010	2010	
2012								2011
2012					2012			

LAUREE HONORIS CAUSA

Nel suo quarantennio di vita, la Facoltà di Ingegneria dell'Università di Firenze ha conferito, rispetto alle altre Facoltà dello stesso Ateneo, un numero estremamente limitato di lauree *honoris causa* (o *ad honorem*).

Le lauree conferite *honoris causa*, con la relativa motivazione, sono elencate di seguito.

- 1978: Giovanni Sansone, laurea in Ingegneria Elettronica
«quale riconoscimento per i suoi eminenti meriti nel campo degli studi matematici specialmente in riferimento alle applicazioni della matematica per l'elettronica»
- 1980: Nello Carrara, laurea in Ingegneria Elettronica
«quale riconoscimento per i suoi altissimi meriti nel campo degli studi teorici e sperimentali di base allo sviluppo dell'ingegneria elettronica»¹.
- 1981: Giovanni Michelucci, laurea in Ingegneria Civile
«quale riconoscimento per gli altissimi contributi dati con studi e realizzazioni all'Ingegneria Civile»².
- 1996: Paolo Fresco, laurea in Ingegneria Meccanica
«quale riconoscimento per gli altissimi contributi dati allo sviluppo dell'Ingegneria Meccanica promuovendo e sostenendo con entusiasmo rapporti di collaborazione tra industria e università per la ricerca»
- 2004: Jean Todt, laurea in Ingegneria Meccanica
«per la rilevante opera svolta nello sviluppo di tecnologie avanzate nel settore automobilistico sportivo, perseguita anche con la promozione di collaborazioni di ricerca università-industria»³.



1978: GIOVANNI SANSONE LAUREA IN INGEGNERIA ELETTRONICA

Il professor Giovanni Sansone ha ricevuto la laurea *honoris causa* in Ingegneria Elettronica dalla Facoltà di Ingegneria dell'Università di Firenze il 27 ottobre 1978, «per i suoi studi sulle equazioni differenziali ordinarie con riferimento a quelle riguardanti le applicazioni alla fisica, alla meccanica razionale e, in modo particolare, all'ingegneria elettronica».

I suoi celebri volumi dedicati alle funzioni di variabile complessa, alle funzioni speciali, alle equazioni differenziali hanno costituito un patrimonio di proficua consultazione scientifica per gli studiosi di elettrotecnica e di elettronica teorica. Sia nella sua opera di ricercatore che in quella di insegnante egli ha sempre saputo fondere mirabilmente il rigore matematico con il linguaggio delle applicazioni.

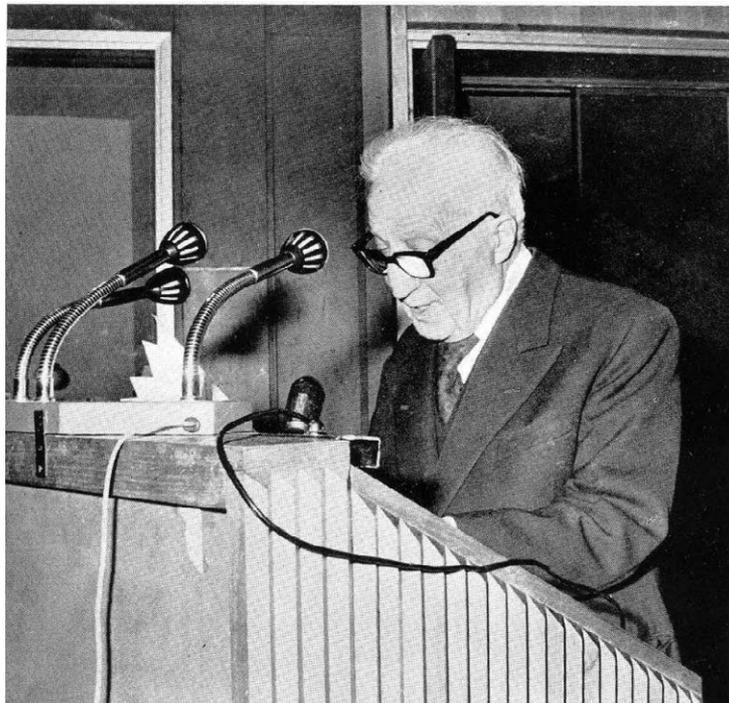
¹ «Notiziario di Ateneo», maggio-giugno 1980, p. 9.

² Proposta di laurea presentata al consiglio di Facoltà dal prof. Andrea Chiarugi, «Notiziario di Ateneo», maggio-giugno 1981, p. 26.

³ «Notiziario di Ateneo», 2, 2004, p. 9.



Giovanni Sansone [Porto Empedocle (Agrigento), 24 maggio 1888 – Firenze, 13 ottobre 1979].



Giovanni Sansone durante il convegno *Equadiff* 1978.

15 ottobre 1979 LA MORTE A FIRENZE DI GIOVANNI SANSONE

Un genio con l'umiltà del ricercatore

Gli allievi gli sono rimasti vicini fino all'ultimo e, dieci giorni fa, già depresso, a meno di quarant'anni a cominciare a cedere a letto. Quella mattina doveva recitare gli esami della sessione d'autunno. Era già pronto per uscire di casa, poi accortosi i colleghi, si rassegnò e scese fuori l'unica volta in cui ha mancato a un appuntamento con i suoi colleghi di classe e di studio. L'ansietà era la sua vita e la vita all'università lo hanno perso.

Dei libri la scienza di Giovanni Sansone, uno dei più bravi matematici italiani, è uscita dall'ombra del riciclaggio di Firenze, vigilata dai docenti della facoltà scientifica fra cui il senatore Enzo Ferroni. Partecipava del mondo della cultura come giudice e dagli interventi sul serio. E' venuto anche il sindaco Cabibbigiani, che l'anno scorso durante una cerimonia, che si tenne in Palazzo Vecchio, gli conferì la cittadinanza onoraria. Perché Firenze è stata la città della sua vita e il laboratorio dei suoi studi e qui non solo ha fondato il prestigioso Istituto matematico Sansoniano ma ha anche raccolto una tra le maggiori biblioteche in Europa, che conta oltre quarantamila volumi e migliaia di riviste scientifiche.

Oltre che maestro è stato anche divulgatore. I suoi trattati sulle «equazioni differenziali ordinarie» e sulle «funzioni di variabile reale» sono dei classici della materia, tradotti in tutte le lingue del mondo. Ha lasciato anche altre conoscenze fra note e memorie.

Giovanni Sansone è stato questo: un uomo che ha tenuto alla pari del genio la modestia dell'ingegno e l'umiltà del ricercatore. Uno studioso mai prigioniero del suo orgoglio. Per questo anche dopo la pensione, aveva sempre voluto continuare a insegnare, promuovendo in questi ultimi anni corsi liberi nella scuola dei magisteri. Per l'Università, e non solo quella di Firenze, è una grande perdita. Oggi sarà il giorno del comizio. Alle 15 gli saranno tribuite le onoranze accademiche, dopodiché la

quale l'università di Firenze sarebbe acciuffata una medaglia d'oro, il consiglio comunale emanerà le volti cittadini onorarie».

Sempre l'anno scorso Sansone ricevette la laurea del dottorato della facoltà di ingegneria, fatto riconoscimento nel merito di matematica fondato da Sansone. Altri titoli onorifici gli furono dati da numerose università italiane ed estere. L'ultimo riconoscimento era stato a Porto Empedocle il 24 maggio 1988 e aveva luogo nel sacro giardino del 71. Sette anni dopo aver conseguito la laurea alla Normale di Pisa.

Una vita dedicata alle scienze, non solo agli studi ma anche alla sua organizzazione: era stato infatti membro del consiglio superiore della pubblica Istruzione e presidente del comitato nazionale per la matematica del CNR, nonché presidente di numerose società scientifiche e membro dell'Accademia dei Lincei, dell'Accademia dei Chigiani e del Collegio di Francia. Era professore emerito di analisi matematica ed era stato preside della facoltà di scienze matematiche dell'ateneo. Sono alcune tappe della sua vita dedicata agli studi. E dei suoi studi dedicati agli altri.

Giovanni Morandi



In un articolo del 15 ottobre 1979 dal titolo *Un genio con l'umiltà del ricercatore* il quotidiano «La Nazione» ricorda Giovanni Sansone.



Ulisse Dini [Pisa, 14 novembre 1845 – Pisa, 28 ottobre 1918].

Breve biografia di Giovanni Sansone

Giovanni Sansone [Porto Empedocle (Agrigento), 24 maggio 1888 – Firenze, 13 ottobre 1979] dopo gli studi secondari compiuti a Palermo, frequentò l'Università di Pisa come allievo della Scuola Normale Superiore fino alla laurea in matematica conseguita nel 1910. Dopo aver vinto un premio ambito, e per i tempi di allora cospicuo, il Premio Lavagna, rimase alla Normale come perfezionando per un altro anno.

Ebbe tra gli insegnanti due grandi maestri, Luigi Bianchi e Ulisse Dini, verso i quali mantenne per tutta la vita una costante devozione ed una profonda gratitudine, curandone fra l'altro, in età matura, l'edizione delle opere scientifiche nella collana *Opere dei Grandi Matematici Italiani* della Unione Matematica Italiana. A Ulisse Dini volle che fosse intitolato l'Istituto Matematico della nostra Università.

Alla Scuola Normale ha lasciato la casa dove abitava, frutto dei suoi risparmi, per la realizzazione di una fondazione. La Fondazione Emma (la moglie) e Giovanni Sansone, istituita sulla base del lascito testamentario, aveva il fine di offrire ogni anno borse di studio in matematica per giovani laureati, sia italiani

che stranieri sulla base di concorso pubblico. La fondazione fu riconosciuta con decreto presidenziale il 31 marzo 1983 ed ha sede presso la Scuola Normale Superiore.

Dal 1913 al 1927 fu professore presso l'Istituto Tecnico Galileo Galilei di Firenze, salvo gli anni della prima guerra mondiale alla quale partecipò come ufficiale di artiglieria guadagnandosi una croce al merito.

Il 1927, anno della sua nomina a professore di ruolo di Analisi Matematica presso l'Università di Firenze, segna l'avvento della matematica nella nostra università, la fondazione dell'istituto, la creazione dal nulla di una biblioteca matematica che, nonostante la modestia dei mezzi disponibili, ha raggiunto dimensioni ed importanza universalmente riconosciute.

I corsi di Sansone, frequentati oltre che dagli studenti di matematica, anche da quelli di fisica e del biennio di ingegneria, hanno contribuito a dare formazione matematica ad intere generazioni di insegnanti, di docenti universitari, di professionisti. Andato fuori ruolo nel 1958 chiese ed ottenne l'assegnazione di un corso libero gratuito, dal titolo *Teoria dei numeri*, riconosciuto valido a tutti gli effetti legali e frequentato da centinaia di studenti nell'arco di ben 17 anni.

Almeno pari al suo impegno nell'insegnamento è stata la sua passione per la ricerca matematica nella quale si è distinto per la pubblicazione di oltre 140 articoli su argomenti di teoria dei numeri, teoria dei gruppi, geometria differenziale, funzioni speciali, equazioni differenziali, e di numerose monografie e trattati, alcuni tradotti in più lingue, che gli hanno valso fama internazionale contribuendo alla formazione di una fitta schiera di ricercatori in tutto il mondo.

Direttore dell'istituto per oltre 30 anni, fu preside della Facoltà di Scienze dal 1957 al 1963 e divenne professore emerito nel 1963.

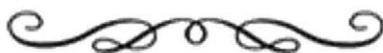
Firenze, al compimento dei 90 anni di età, gli conferì il 24 maggio 1978 la cittadinanza onoraria nel corso della cerimonia in Palazzo Vecchio che apriva il convegno internazionale *Equadiff 1978* organizzato in suo onore e che vide la partecipazione di un pubblico moltissimo di ogni provenienza geografica e culturale. Nello stesso anno l'Università di Firenze gli conferiva il titolo di dottore *honoris causa* in Ingegneria Elettronica. Dopo la sua morte a lui è stato intitolato l'Istituto (poi Dipartimento) di Matematica Applicata della Facoltà di Ingegneria. Il Dipartimento di Matematica 'Ulisse Dini' gli ha intitolato la sala di lettura della biblioteca.

Accanto all'attività didattica e scientifica Sansone ha avuto una posizione preminente nell'organizzazione e nello sviluppo della ricerca matematica come membro del Consiglio Superiore della Pubblica Istruzione, presidente della Unione Matematica Italiana, presidente del Comitato per la matematica del CNR, uno dei fondatori del *Groupement de mathématiciens d'expression latine*, del Centro Internazionale Matematico Estivo. Direttore degli *Annali di Matematica pura e applicata* ha fatto parte dei comitati di redazione di numerose riviste matematiche.

A Giovanni Sansone non sono mancati altri riconoscimenti e distinzioni, oltre quelli già ricordati.

Nel 1942 gli fu conferito il premio per le matematiche della Società delle Scienze dei XL e nel 1957 ricevette la medaglia d'oro dei Benemeriti della Scienza, della Cultura e dell'Arte. Nel 1963 fu insignito del titolo di Cavaliere di Gran Croce dell'ordine della Repubblica Italiana, nel 1964 di quello di *Officier de l'Ordre des Palmes Académiques*. Ricevette la laurea *honoris causa* in matematica dalle Università di Dijon e di Brno. Fu socio nazionale dell'Accademia Nazionale dei Lincei dal 1947, socio dell'Accademia Nazionale dei XL dal 1958, dell'Istituto Lombardo di Scienze e Lettere, e di numerose accademie (Torino, Bologna, Palermo, Genova, Modena, Catania, Colombaria, Torricelliana di Faenza, Petrarca di Arezzo).

La lunga ed incisiva presenza di Giovanni Sansone sulla scena della vita scientifica italiana ed internazionale rappresenta un esempio ammirevole di entusiasmo, fede e tenacia ed un incitamento a tutti quelli che, giovani e non più giovani, dedicano le proprie energie al progresso umano.



1980: NELLO CARRARA – LAUREA IN INGEGNERIA ELETTRONICA

Il professor Nello Carrara ha ricevuto la laurea *honoris causa* in Ingegneria Elettronica dalla Facoltà di Ingegneria dell'Università di Firenze il 2 giugno del 1980 «per i suoi altissimi meriti nel campo degli studi teorici e sperimentali di base allo sviluppo dell'ingegneria elettronica». La cerimonia si è tenuta alla presenza del magnifico rettore Franco Scaramuzzi nei locali attualmente occupati dalla biblioteca della Facoltà di Ingegneria nel complesso di Santa Marta.

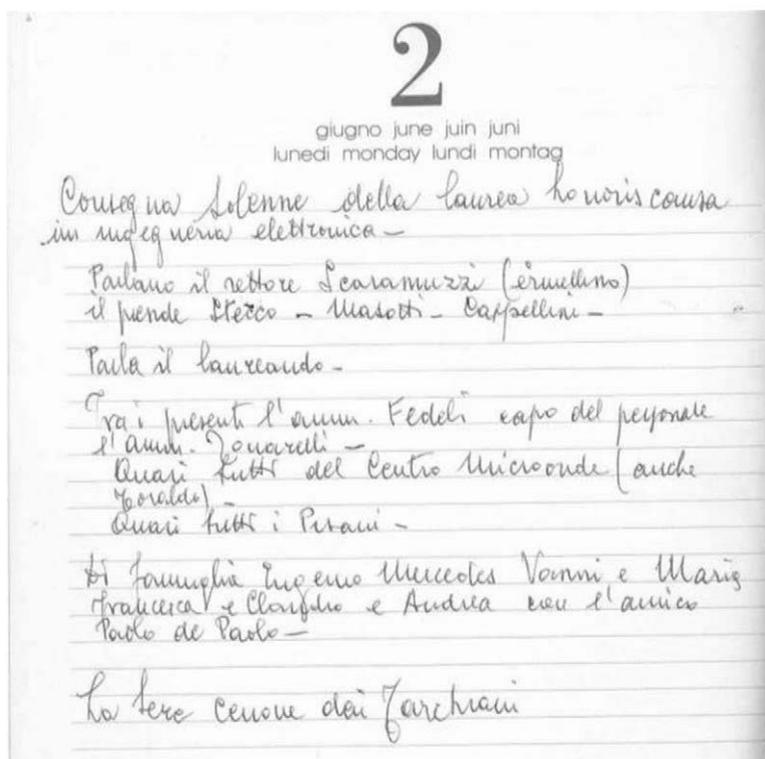
Durante la cerimonia esordì in questo modo:

so benissimo che questa laurea *honoris causa* mi viene data per i miei oltre 50 anni di insegnamento ... però io non vorrei che voi pensaste che io ho smesso di svolgere ricerche. Io continuo a studiare vari argomenti di attualità. E poi in fondo mi domando: che laurea è una laurea senza una discussione di tesi?, per cui ho pensato di discutere la mia tesi di laurea oggi, qui davanti a voi che avete partecipato a questa cerimonia.

Ed enuncia i temi della sincronizzazione degli orologi atomici e del trasposto di energia dallo spazio di cui parlerà.

Breve biografia di Nello Carrara

Nello Carrara [Firenze, 19 febbraio, 1900 – Firenze, 5 giugno, 1993] si laureò in Fisica nel 1921 presso la Scuola Normale Superiore di Pisa, dove fu compagno di studi di Enrico Fermi I rapporti tra Enrico Fermi e Nello Carrara emergono anche nel carteggio presente nel libro *Enrico Fermi, fisico* di Emilio Segrè (Zanichelli, Bologna 1971).



La pagina dell'agenda del 1980 dove Nello Carrara annotò – nel suo stile semplice ed essenziale – l'evento della sua laurea *honoris causa* in Ingegneria elettronica.

Al professor Nello Carrara la laurea «honoris causa»

Un idillio con l'elettronica che dura da sessant'anni

Il noto studioso fiorentino non si è mai accontentato di considerare l'aspetto teorico delle cose, così nella ricerca come nella vita - Il Centro per lo studio delle microonde da lui creato a Firenze è una riprova di questa peculiarità dell'uomo

Oggi m'improvviso anch'io narratore per raccontare una storia del nostro tempo: una storia letta in un certo contrasto con quelle della cronaca quotidiana, una storia che contraddice anche quel modello di società ipotizzata da certi ideologi moderni dove con l'individuo completamente libero da vincoli (leggi: premi e castighi) e perciò disappassionato, non ha più senso parlare di grandezza e miseria dell'uomo.

La mia storia comincia dalla fine: dalla cerimonia con cui una decina di giorni fa la facoltà di ingegneria dell'Università di Firenze ha conferito al professor Nello Carrara dottorato in ingegneria elettronica *honoris causa*.

Nello Carrara, infatti, ha costantemente «navigato» nell'elettronica anche se cominciò la sua carriera a ventun anni nel 1921, con una tesi sulla diffrazione dei raggi «X» che gli meritò l'attenzione del grande Cavendish, e successivamente per i lavori di ricerca, pionieristici alcuni, compiuti nel campo delle onde elettromagnetiche.

L'elettronica è sposata indissolubilmente, vi ha navigato per la «scuola» che ha creato in Italia e che si è poi materializzata anche in un Istituto del Consiglio dalle ricerche.

Carrara non si è mai contentato di considerare l'aspetto teorico delle cose, nella ricerca come nella vita, così anche il «Centro di microonde» da lui voluto a Firenze è riprova di questa peculiarità dell'uomo.

All'«onirionde» aveva dato lavoro degli Anni '30, alle microonde, il cui interesse teorico pratico emergeva sempre più, proprio lui volle dedicare un'attenzione per così dire istituzionalizzata capace di far scuola e di essere presente nelle ricerche e nelle imprese più avanzate (la teleselezione dei satelliti S. Marco per esempio o i programmi spaziali europei).

Ma tra i meriti del Carrara c'è anche la partecipazione da protagonista a un'altra realizzazione importante per l'Italia e per Firenze: l'indirizzo operativo della ditta Sma dedicata alla costruzione di radar.

Durante la guerra Carrara aveva lavorato forte accanto al professor Tiberio per la progettazione del primo radar italiano e fu grazie a tale esperienza che egli poté suggerire verso la fine degli Anni '50 alla minuscola impresa artigiana allora operante nel settore dell'ottica di dotare la propria attività verso radar.

La Sma ha oggi più di cinquemila operai, un fatturato di miliardi, un nome nel mondo e soprattutto notevoli capacità tecnologiche. Carrara alla bella età di 80 anni, lucido nella mente ed efficiente nel corpo, ne è oggi il presidente dopo essere stato l'ispiratore e il consulente.

E questa sarebbe un'altra storia, la storia del «vecchietto» con Carrara hanno osservato la Sma e che durante gli anni '50, a tempo perso, come diplovento, aiutò Guglielmo Righini a realizzare il

primo radiotelescopio italiano: gente di grande ingegno, magli dell'elettronica ma anche «uomini valori» dell'uomo.

Non è un caso se gli uomini della Sma hanno scelto come sede della ditta una villa rinascimentale e se arrivati al punto di saturazione invece di trasferire l'azienda in un capannone della periferia hanno chiesto a un architetto di ancora nella villa senza alterare il paesaggio irripetibile dei colli fiorentini.

Ecco: Carrara è dentro a tutte queste cose (dice «se dentro» adoperando il presente perché l'uomo è vivo, attivo, incredibilmente giovane, con in mente progetti di ricerca, come egli stesso ha detto nel discorso di ringraziamento alla laurea *ad honorem* ha voluto ricordarlo a chi lo sapeva raccontarlo a chi lo ignorava).

Ma la storia finisce qui per il momento. La sua mente è piena di ragioni di spazio, la sua mente è soprattutto ancorata a valori più grandi e umani.

Giuseppe Tagliaferri
dell'Osservatorio di Arcetri



Il professor Nello Carrara

Libri in vetrina

Animali e pascoli perduti
Il volume che ha meritato il primo premio al recente concorso Gioia Cie 1980 per la divulgazione scientifica è dedicato alla riscoperta di animali che almeno in parte sono ancora presenti in Italia da tempo immemore: bovini, pecore, capre e bufali.

Non è forse male ricordare che lo stesso nome Italia sembra derivare da Vitale o terra dei vitelli.

Inoltre è giusto sottolineare che l'uomo non può vivere senza animali: l'animale è stato e continua ad essere il grande educatore dell'uomo. Da qui una precisa insistenza degli aspetti sociologici di questa «remarginazione» della nostra società dal mondo degli animali domestici e la proposta di recuperare animali e pascoli ora apparentemente perduti, per creare un nuovo modello di società.

Gilgag

L'impiego dei sottoprodotti agricoli Dalla biomassa si ottiene energia In Italia i soli residui organici di origine zootecnica potrebbero farci risparmiare 2,5 milioni di tonnellate di petrolio

L'energia di origine solare che arriva ogni anno sul nostro pianeta è circa dieci volte quella necessaria per alimentare l'intera civiltà umana; tanto per avere un'idea approssimativa dell'entità di questa energia, un dodicesimo di essa — cioè quanto ne giunge in un mese — è pari all'incirca all'intera riserva stimata delle riserve fossili terrestri.

Si comprende come l'uomo abbia interesse a sfruttare almeno in parte, una certa quantità di questa energia, e con il massimo rendimento possibile.

Ciò malgrado, allo stato, il Sole è attualmente posto tra le fonti energetiche «minori», questo è dovuto anche al fatto che l'energia solare che giunge sulla superficie della Terra è piuttosto «diluita», tanto per avere un'idea, dell'ordine di un chilowatt per metro quadrato su una superficie orizzontale.

L'alternanza delle stagioni, le situazioni meteorologiche, la

colazione incrementano il più a concorzare più allevatori, si potrebbe utilizzare il biogas anche per la sua trasformazione in elettricità distribuita poi nelle varie comunità associate.

Una voce interessante nel bilancio energetico è rappresentata dai residui vegetali, misto di scarto, di cereali, fieno, paglia, eccetera, il cui contenuto energetico è stato stimato per l'Italia dall'ingegner G. Grassi, della Divisione XII della Commissione delle Comunità europee, in circa sei milioni di tonnellate equivalenti di petrolio, cui va aggiunto un ammontare di un altro milione di tonnellate di residui legnosi non utilizzati.

Se si volessero utilizzare le coltivazioni annuali per scopi energetici (barbabietole per produrre alcool), ci sono, fermo con alcune realtà, per esempio, per soddisfare il 50 per cento dell'intero fabbisogno energetico per l'autoalimentazione in Europa, dozzina

L'articolo di giornale in cui Giuseppe Tagliaferri, dell'Osservatorio di Arcetri di Firenze, «racconta» il personaggio di Nello Carrara, in occasione della laurea *honoris causa*.



Due momenti della cerimonia per il conferimento della laurea *honoris causa* a Nello Carrara. Nello Carrara tra il Preside della Facoltà di Ingegneria Sergio Stecco ed il Rettore dell'Università di Firenze Franco Scaramuzzi.



Alpi Apuane 1920. Nello Carrara tra Enrico Fermi (alla sua destra) e Franco Rasetti [per cortesia di Eugenio Carrara].

Nei suoi primissimi lavori sulla diffrazione dei raggi X mediante cristalli, per primo ideò ed eseguì esperienze che furono poi perseguite da A.H. Compton, Premio Nobel per la Fisica nel 1927.

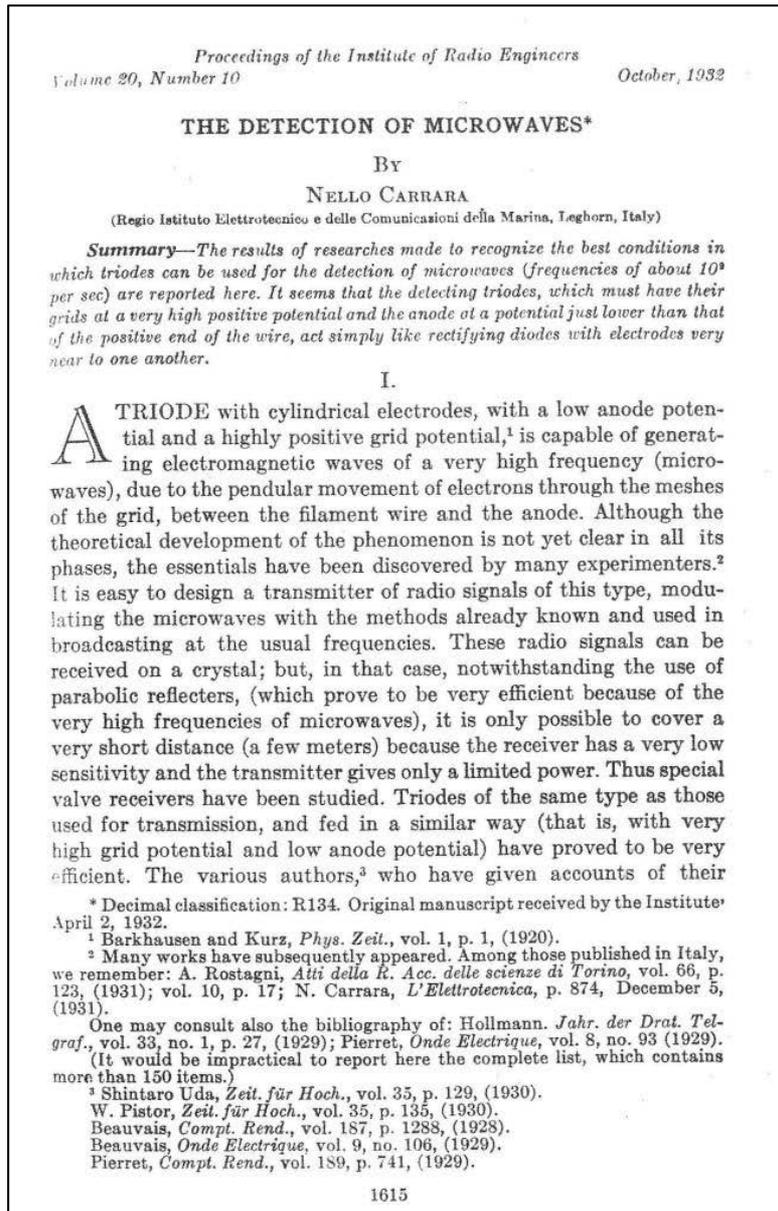
La maggior parte della sua attività scientifica è stata rivolta alle onde elettromagnetiche, in particolare Carrara fu tra i primissimi a rivolgere l'attenzione al campo delle microonde e ne affrontò i relativi problemi di emissione, propagazione e ricezione, ideando ed eseguendo esperienze fondamentali.

In tale contesto è opportuno infine evidenziare che la parola microonde (in inglese *microwaves*), nella sua accezione attuale, fu introdotto per la prima volta da Nello Carrara nel periodo in cui lavorava presso il RIEC (Regio Istituto Elettrotecnico e delle Comunicazioni) della Marina Militare Italiana di Livorno. L'Istituto, che era stato fondato per iniziativa di Giancarlo Vallauri nel 1916, ha ospitato il primo gruppo italiano di ricerca elettronica ed ha mantenuto per lungo tempo una posizione preminente in questo campo. In un lavoro del marzo 1932, pubblicato sul primo numero della rivista italiana «Alta Frequenza» (il giornale era stato fondato nello stesso anno grazie al lavoro di Giancarlo Vallauri), Nello Carrara scriveva che «un triodo, ad elettrodi cilindrici, con tensione di placca nulla o negativa e con tensione di griglia fortemente positiva, può emettere onde elettromagnetiche di frequenza elevatissima (microonde)». Il termine microonde (*microwaves*) fu successivamente utilizzato da Carrara in un lavoro sui «Proceedings of the Institute of Radio Engineers (IRE)». Infatti la pubblicazione del lavoro *The detection of microwaves* – il manoscritto originale fu ricevuto dall'Istituto il 2 aprile 1932 – faceva entrare definitivamente il termine microonde a far parte della comune terminologia scientifica e tecnica internazionale.

Impegnato nella creazione di un prototipo di radar, durante la seconda guerra mondiale, ideò e progettò tubi elettronici per la generazione di altissime frequenze e ne curò anche la costruzione industriale. Intraprese inoltre studi approfonditi di spettroscopia molecolare.

L'attuazione delle sue apparecchiature per telecomunicazioni a microonde fu lungamente sperimentata dalla Marina Militare fra Livorno e La Spezia.

Convinto dell'importanza sempre crescente dell'impiego sempre crescente delle altissime frequenze, promosse nel 1946 la costituzione a Firenze del Centro di Studio per la Fisica delle Microonde da parte del Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR).



La prima pagina dell'articolo di Nello Carrara *The detection of microwaves* («Proceedings of the Institute of Radio Engineers», October 1932) in cui viene introdotto il termine *microwaves*.

A titolo di curiosità vale la pena ricordare che in quegli anni – e più precisamente nell'ottobre del 1952 – fu pubblicato da «Il Mattino dell'Italia Centrale» un articolo-intervista di Oriana Fallaci a Nello Carrara dal titolo *Da un mucchio di rottami è nato il quarto radar italiano – Vita e miracoli del centro fiorentino delle microonde*. L'articolo evidenzia da un lato la nota capacità di Carrara di spiegare cose complesse ai non addetti ai lavori, dall'altra la capacità della Fallaci di individuare 'personaggi' fin dalle sue prime famose interviste.

Il Centro di Studio per la Fisica delle Microonde del CNR – che si denominò in seguito Istituto di Ricerca delle Onde Elettromagnetiche (IROE) – divenne sotto la direzione di Nello Carrara un importante centro di ricerca pura ed applicata noto ed apprezzato in campo internazionale. Attualmente il centro ha il

nome di Istituto di Fisica Applicata 'Nello Carrara' (IFAC) del CNR ed ha la sua sede nel Polo Scientifico di Sesto Fiorentino dell'Università di Firenze.

Nello Carrara fu successivamente anche fondatore e presidente della SMA-Segnalamento Marittimo Aereo di Firenze (1973-75 e 1976-83), azienda italiana che operava nel settore del segnalamento civile e militare, per la costruzione di radar navali e terrestri, apparecchiature di illuminazione per il segnalamento, sistemi per il monitoraggio ambientale, meteorologici e biomedici.

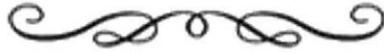
Per quanto riguarda la carriera accademica è stato titolare della cattedra di Fisica Generale presso l'Accademia Navale di Livorno (dal 1924 al 1954), immesso in ruolo nel 1954 sulla cattedra di Teoria e Tecnica delle Onde Elettromagnetiche presso l'Istituto Universitario Navale di Napoli, dal 1955 ha coperto la cattedra di Onde Elettromagnetiche presso la Facoltà di Scienze Matematiche Fisiche e Naturali dell'Università di Firenze. Professore emerito presso lo stesso Ateneo dal 1975.



Vecchia sede dell'IROE (Istituto di Ricerca sulle Onde Elettromagnetiche), oggi IFAC (Istituto di Fisica Applicata 'Nello Carrara') del CNR di Firenze. L'attuale sede dell'IFAC è presso il Polo Scientifico e Tecnologico dell'Università di Firenze a Sesto Fiorentino.



Il logo della SMA-Segnalamento Marittimo ed Aereo.



1981: GIOVANNI MICHELUCCI – LAUREA IN INGEGNERIA CIVILE

Giovanni Michelucci ha ricevuto la laurea *honoris causa* in Ingegneria civile dalla Facoltà di Ingegneria dell'Università di Firenze l'11 maggio 1981 perché «l'opera di Michelucci ha dato anche significativi contributi alla formazione della coscienza costruttiva degli ingegneri e all'individuazione dei loro peculiari obiettivi».

Di seguito si riporta l'introduzione di Andrea Chiarugi al conferimento della laurea *honoris causa*, seguita dalla *lectio magistralis* di Giovanni Michelucci.

Introduzione di Andrea Chiarugi al conferimento della laurea honoris causa a Giovanni Michelucci

Giovanni Michelucci ingegnere; Giovanni Michelucci nostro collega.

Di fronte a questa realtà che sta per concretizzarsi, occorre ancora soffermare la nostra attenzione sul significato che ha, in particolare per noi, l'espressione di grande apprezzamento che intendiamo manifestare per quello che Michelucci ha dato per lo sviluppo dell'Ingegneria. La nostra Facoltà, collocandosi proprio all'intersezione fra l'ambiente dell'Ateneo fiorentino e quello dell'Ingegneria italiana, si è voluta fare interprete di un'attestazione di grande apprezzamento che, al di là di ogni aspetto di dettaglio, questi ambienti debbono alla figura e all'opera di questo giovane Uomo antico.

Nel voler porre in luce la qualità e l'importanza dell'azione formativa svolta da Michelucci, in qualità di docente, verso il mondo degli Ingegneri, ho la gioia di poter tornare a rievocare le particolari suggestioni di alcuni ricordi lontani.

Non posso dimenticare infatti la misteriosa carica di entusiasmo e di impegno morale che mi provocò, molti anni or sono, da studente, il primo incontro con Michelucci in un'aula della Facoltà bolognese. Fu un'occasione nella quale sentii giungere direttamente alla mia persona, così come a quella degli altri compagni di studio, un'alta esortazione.

Dopo anni durante i quali, con il loro fulgido esempio grandi grandi Maestri quali Sansone, Sestini, Supino, Evangelisti, Pezzati e, seppur indirettamente, Belluzzi, prematuramente scomparso, ci avevano mostrato la nobiltà e l'elevatezza della loro umana azione ed elaborazione di pensiero, gli obiettivi che Michelucci andava indicando arricchivano di nuovi significati il nostro futuro di costruttori.

La necessità di un continuo guardare la complessa realtà circostante per coglierne l'infinita gamma di relazioni, l'impegno che ci vedesse coinvolti e coinvolgenti ad un'azione corale, mobilitando le nostre ed altrui capacità, nello sforzo di pervenire ad un rispettoso soddisfacimento delle esigenze che una comunità umana esprimeva, queste ed altre erano le linee direttrici secondo le quali dovevamo orientare la nostra azione di tecnici, di uomini. L'entusiasmo con il quale noi e molte altre generazioni di architetti ed ingegneri accoglievamo l'esposizione delle riflessioni di Michelucci l'ho visto meravigliosamente riprodursi anche in occasione di incontri avvenuti circa un anno fa [prima del 1981, ndr] sia qui che nella Facoltà di Bologna, a conferma dell'attualità e vivezza che mantiene verso le nuove generazioni il pensiero di quest'uomo che affettuosamente alcuno ha definito una lezione vivente. Oltre il grande apprezzamento che occorre esprimere per l'azione didattica direttamente svolta da molto tempo, occorre soffermarsi sulla portata che i suoi scritti hanno e continueranno ad avere anche per una corretta evoluzione del mondo della Tecnica.

Michelucci, avvicinandosi anni or sono alle scuole di Ingegneria, si pose senza dubbio l'obiettivo di analizzare le implicazioni che ha in tali ambienti l'impostazione razionale data ai problemi e si mostrò quindi interessato ad affrontare la complessa problematica della non soddisfacente dicotomia fra impostazione tecnico-scientifica e impostazione artistica nel costruire. Sorpreso, come egli scriveva, «dal silenzio in cui si svolge la stupenda attività di questi uomini scienziati e tecnici», arricchito da questa esperienza, entra

direttamente nel vivo del dibattito presente nel suo nuovo ambiente culturale, esercitando una precisa ed incalzante azione di chiarimento e di stimolo.

conoscenza dell'opera e del pensiero di E. Freyssinet hanno un rilievo del tutto particolare in Michelucci. Da questa e da altre fonti egli perviene a cogliere ancor più dall'interno la necessità di agire per favorire l'affermazione piena ed autonoma, superando remore filosofiche, di una cultura tecnica, come patrimonio di elaborazioni intellettuali e di azioni umane. Freyssinet, *ancien eleve de l'Ecole Polytechnique*, grande costruttore, in polemica contro pericolose tendenze che portano l'ingegnere verso un'errata valutazione dello strumento ma tematico, riafferma la fondamentale importanza «della percezione diretta dei fatti e dell'intuizione, nelle quali vi è l'espressione e il riassunto di tutte le esperienze accumulate dalla vita degli uomini».

L'impressione di Michelucci è enorme; egli riconosce in quest'uomo, la cui preparazione ha origini totalmente diverse. un suo simile. Essi si ritrovano accanto nell'atto di dare concretezza alle loro idee, pur essendovi giunti per sentieri completamente diversi, ma mossi dagli stessi imperativi morali.

Rafforzati quindi i suoi convincimenti, vediamo Michelucci esplicitare l'azione di chiarimento prima ricordata. Per un verso egli addita al più ampio mondo culturale (che ben conosce) la piena validità, anche sul piano della forma, delle opere che l'Ingegneria va realizzando in ogni parte del mondo; per l'altro, mentre accredita culturalmente l'opera creativa dell'Ingegnere, la impone come dovere culturale a uomini che devono impegnarsi a realizzare una piena espressione del proprio tempo. Egli infatti ci ripete:

Vi sono per nostra fortuna uomini ricchi di intuito e padroni della tecnica, i quali realizzano, per il bene materiale e spirituale di una società, delle opere di ingegneria che sono fra le opere d'arte più significative del nostro tempo.

È fin troppo chiaro il monito che, quale pressante esortazione, giunge al nostro mondo : operare nel senso di una ritrovata origine culturale e quindi di una continuità storica. In Michelucci è scontato il riferimento a opere che vivono a pochi passi da noi, meravigliose sintesi fra un approfondito sapere e un'ardita intuizione, ma tutta la storia dell'uomo è punteggiata da esaltanti conferme di queste mete raggiunte dalla cultura tecnica. Basti per tutte ricordare – come Michelucci stesso fa – la straordinaria epopea dei grandi costruttori metallici dell'Ottocento, con i loro stupefacenti e rivoluzionari ponti e le loro fantastiche costruzioni per grandi esposizioni.



Panoramica della sala durante la cerimonia per la laurea *honoris causa* al prof. Michelucci [dal «Notiziario di Ateneo», maggio-giugno 1981, p.26].

Anche quest'ultimo riferimento non è casuale in Michelucci, in quanto in dette vicende costruttive egli ravvisa il segno di un'importante innovazione con precisi riflessi sul piano del linguaggio architettonico e intuisce il significativo apporto al più ampio dibattito fra la Scienza e la Tecnica. Infatti, come è stato anche recentemente osservato, verso la metà dell'Ottocento, proprio nel campo delle costruzioni metalliche più decisivi ed importanti furono i progressi ottenuti dai geniali e dinamici ingegneri inglesi che non quelli conseguiti in Francia, alla quale pur spettava un primato scientifico nel campo delle costruzioni.

Sono i problemi che Michelucci nel periodo bolognese avverte: da un lato le conseguenze di una eccessiva 'matematicizzazione' dei problemi costruttivi, dall'altra l'esistenza di vasti ambienti culturali accreditanti una visione forse eccessivamente artistica del costruire, hanno troppo spesso spinto l'ingegnere in una collocazione passiva (il gelido calcolatore) al riparo degli eventi dietro alle sue formule e ai suoi schemi. Michelucci avverte tutto questo e ancora oggi, mentre definisce fiabesche le forme dei tralicci degli elettrodi, ci chiama a più alti compiti rivolti alla città dell'uomo: ci chiede infatti se «dentro la città non siano state adattate strutture create più per misurarsi con la natura che per risolvere i problemi della gente».

Avvertita quindi l'esigenza di un miglior ricordo fra un più consapevole mondo tecnico, scientificamente impostato, e i problemi della città, Michelucci ci ha dato la sua più intensa e attuale indicazione etica circa la via da seguire, come ingegneri, attraverso la definizione del concetto di 'cantiere'. Il continuo riferimento, in una visione che si potrebbe chiamare artigianale, alla necessità di impostare gli interventi dell'uomo sul suo ambiente secondo un metodo che veda il più alto grado di coinvolgimento di competenze, trova appunto il suo momento di metaforica attuazione nel 'cantiere'. In una esemplificazione tutta particolare di questi concetti Michelucci prende le mosse dalle sue personali esperienze di costruttore che cerca, stimola e accoglie i contributi che i vari operatori portano, nel suo cantiere, per il compimento di un'opera che, nelle sue linee generali, egli ha ideato.

Per chi conosce, come noi ingegneri, e ha vissuto la complessa serie di operazioni che si susseguono nella realizzazione di una costruzione e di questo fatto sente l'imperativo spirituale di esaltarne gli aspetti etici, propria per il doveroso umano rispetto dei suoi simili, sa che nel 'cantiere' episodi simili a quelli frequentemente ricordati da Michelucci sono una positiva realtà; solo l'ignoranza di queste emozioni può confondere tali riferimenti con atteggiamenti evasivi. Ma l'esaltazione del 'cantiere' dove la 'coralità' della consapevole partecipazione è ancora possibile e si pongono le premesse per la 'variabilità' dell'opera come oggetto di futura umana fruizione, trascende, come Michelucci stesso avverte, il pur reale e confortante aspetto contingente per acquistare le caratteristiche di un profondo ammonimento.

Dilatiamo il campo di questa 'antica fabbrica' a quello dei più svariati settori in cui l'ingegnere, costruttore della prodigiosa evoluzione tecnologica della nostra società, e ci accorgeremo che sul patrimonio culturale costruito dalla Tecnica sovrastano ombre fra le quali spicca il grave pericolo dell'automazione; automazione intesa non come prospettiva di affrancamento dell'uomo dalla fatica, ma come strumento di asservimento e quindi in altri, seppur contraddittori termini, il pericolo dell'automazione dell'intelligenza.

Questo messaggio ci tocca da vicino per due ordini di motivi: sia perché siamo ingegneri, sia perché siamo insegnanti e ci dobbiamo sentire impegnati, come da alcuno è stato affermato, a cancellare l'informazione tecnologica svuotata di pensiero che confina l'uomo in miserevoli presunzioni, rendendolo incapace di un colloquio; occorre tutelare l'uomo dall'involuppo di azioni che egli continuamente e inconsapevolmente possa compiere alla stregua di un automa.

Il 'cantiere' di Michelucci è il nostro 'cantiere', è il sicuro punto di riferimento che ci può mettere a riparo da questi pericoli. Ma al di là della ricchezza e varietà delle indicazioni ed esortazioni che Michelucci ci invia, continuando la sua alta missione di Docente, secondo una esposizione che ha l'apparente non sistematicità delle impressioni che un osservatore prova alla vista di un vasto e complesso edificio nel quale si trova a muoversi, al di là di tutto questo, come dicevo – e vorrei aggiungere al di sopra di tutto questo – vi sono le realizzazioni che concretamente testimoniano le misteriose e complesse elaborazioni mentali di un uomo costruttore.

Non intendo qui attardarmi né in una elencazione di opere e né, tanto meno, in un esame dettagliato di alcune realizzazioni, bensì soffermarmi su certi particolari aspetti di alcune di esse che più esplicitamente acquistano per noi un particolare significato emblematico che travalica la loro indubbia importanza architettonica. Intendo riferirmi alle chiese, dell'Autostrada, di S. Marino e di Longarone.

Michelucci ha cominciato a progettarle intorno al 1960, al termine del periodo di insegnamento ufficiale nell'Ateneo bolognese; è invece del 1933 il progetto redatto, insieme agli altri componenti del Gruppo

Toscana, per il concorso di progettazione della Stazione di S. Maria Novella. Mentre nella Stazione di Firenze si riconosce una matrice razionalista (anche se alcuno vi ravvisa già i germi dell'espressionismo 'michelucciano'), quest'ultimo è facilmente leggibile nelle chiese che ho prima ricordato. La tenda, la piazza, i percorsi, oggi la barca: questi sono i temi che l'ideazione di Michelucci elabora e porta a compimento ricorrendo a concezioni strutturali che, pur muovendo ancora da suggestioni naturalistiche (l'albero, ad esempio), usano tuttavia – come è stato detto – la natura come metafora.

In sostanza Michelucci, dopo l'esperienza vissuta, inserito nel mondo tecnico-scientifico di una Facoltà di Ingegneria, porta a compimento nelle forme più alte e, direi, radicali, la sua evoluzione della visione architettonica.

Certo molte altre sono le motivazioni di ordine spirituale che sovrintendono a questi decisivi passi verso la realizzazione di opere che resteranno nella Storia delle costruzioni, ma – come ho detto – sono altri aspetti che in questa sede hanno, a mio avviso, una rilevante importanza.

Michelucci ha compreso che l'impostazione scientifica di un problema costruttivo è certamente la via che porta verso un progresso di conoscenza, ma ha altresì chiaro, nella visione degli antichi, che coloro che intendono operare non devono subordinare le proprie ideazioni a certi vincoli di rigorosa conoscenza. La conseguenza è il coinvolgimento di molte competenze in grado di affrontare, fuori dalle tradizionali, note e tranquillizzanti schematizzazioni, i problemi che una concezione libera dello spazio comporta. La grande sfida della fantastica elaborazione dello spazio che Michelucci, dotato dell'intuizione costruttiva dei veri progettisti, ha lanciato, non sempre forse è stata raccolta, ma certo non si può disconoscere l'emozione che si prova nell'osservare la meravigliosa sintesi degli elementi costruttivi tradizionali in un tutto unico. Le pareti, i pilastri, le travi, le coperture diventano parti indefinibili ed inscindibili del tutto; non è possibile descrivere compiutamente l'organismo architettonico senza nel contempo portare a completa descrizione quella che normalmente si indica come struttura portante; tutto è fuso in un mirabile intreccio di relazioni governate dall'equilibrio generale di una visione consapevole dell'uomo.

In tal modo Michelucci, riconosciuto Freyssinet suo simile, fatto tesoro dell'osmosi di pensiero realizzatasi a Bologna, mostrandosi quindi anche vero ingegnere, costringe – allora come ora – tutti noi ad intervenire nel suo cantiere, quello dell'intera città dell'uomo, con l'imperativo di operare ricchi sì del patrimonio di pensiero che la cultura tecnico-scientifica ci ha fornito, ma fuori da schematismi, attenti a non confondere il progettare con il calcolare, e quindi con l'atteggiamento sempre innovativo e rivoluzionario di chi, nella sfida contro i condizionamenti della natura, tende a far prevalere il primato della fama scaturita dall'idea dell'uomo per la creazione dello spazio idoneo al soddisfacimento delle esigenze di vita dell'uomo.

Ho terminato, e nel dire grazie a Michelucci per ciò che ci ha dato, siamo lieti, da ingegneri, di poterlo salutare in futuro come giovane, antico maestro e collega.

Lectio magistralis di Giovanni Michelucci (appunti manoscritti su cui si è basata la lezione, per concessione della Fondazione Giovanni Michelucci, Fiesole)

Per la laurea in ingegneria.

Questo di oggi è un giorno particolare della mia vita. Un avvenimento inatteso e molto gradito: per il suo significato e per le antiche conoscenze che ho la felicità di ritrovare, per quelle che mi consente di stabilire con nuovi amici in un ambiente in cui il linguaggio che vi si parla conforta il mio desiderio di sapere qualcosa di più di quel poco che so. Un grande giorno ed un avvenimento che lasciano una traccia non superficiale nel mio animo.

Le parole che potrei dirvi, i ringraziamenti di prammatica che potrei esprimervi non darebbero una misura adeguata della riconoscenza che ho per chi si è adoperato perché questo avvenimento si verificasse.



Un momento della cerimonia per la laurea *honoris causa* al prof. Giovanni Michelucci, che si riconosce a sinistra accanto al Rettore Franco Scaramuzzi. Sullo sfondo gli studenti che sostengono il labaro dell'Università [dal «Notiziario di Ateneo», maggio-giugno 1981, p. 25].

Vorrei togliere a queste mie parole, a questi ringraziamenti ogni sospetto di ritualità e posso farlo, spero, perché la mia commozione è profonda e sincera una commozione che mi consente anche di annullare le distanze temporali e mi riavvicina ad un'epoca che consideravo perduta nella mia memoria. Non la memoria che vuole riconquistare le cose, gli avvenimenti, le immagini, le fisionomie stesse di chi viveva un tempo tanti e tanti anni fa quali furono, ma la memoria trasfigurata dagli avvenimenti della vita vissuta, che stende sopra la realtà una infinita gamma di sensazioni, di più recenti ricordi, di cose sognate o sperate, di momenti di felicità e di dolore per cui quella memoria acquista il senso della fiaba. È la memoria cioè di chi ha vissuto intensamente e porta in sé il limo talora formativo, talaltra sconvolgente che la vita vi ha depositato.

Una fiaba dunque dove la logica del non senso diventa l'unica possibilità così che vengono spontanee le domande su come possa essere avvenuto tutto questo quali circostanze, quale vento le ha orientate a levante o piuttosto a ponente. Io che avevo le mie radici umane e culturali in un terreno solido come la roccia, come ho potuto distaccarmene?

In questo momento riesco a dare un significato a circostanze e a fatti della mia vita che spesso mi sono parsi non come appartenenti alla stessa persona.

Eppure oggi mi appare chiarissima la relazione esistente fra un ragazzino, quale ero io, attento a veder battere il ferro nell'officina del nonno, ed un uomo ormai novantenne, cui viene oggi conferita la laurea in ingegneria.

Quest'uomo ha conservato, del ragazzino di un tempo nell'officina del nonno, una curiosità che, malgrado l'età avanzata, è ancora viva per tutto ciò che nasce e muore, per quello che la mente umana inventa, scopre e produce per servire la vita degli uomini. È questo il senso unitario che voglio dare agli eventi discordi della mia esistenza ed anche a questa laurea in ingegneria. Questa laurea mi ricorda di essere stato per tutta la vita uno studente, un apprendista, appunto.

Se c'è una morale nella favola della mia vita, è questa: sono un autodidatta ed ogni mia esperienza l'ho filtrata attraverso l'esperienza del cantiere. Il cantiere per me è la capacità di unificare in una costruzione elementi eterogenei in cui è difficile discernere ciò che è nuovo da ciò che è sedimentato da una lunga tradizione: l'intuizione dal metodo. Il cantiere è la fiaba della città che nasce.

Cerco di spiegarmi ora perché, quando ero studente alla scuola d'arte, mi risultava difficile studiare e disegnare gli stili architettonici. Ero colto da una ripulsa immediata perché nulla mi parlava della vita. Ero attratto invece dagli oggetti domestici di uso agricolo, perché riuscivo a ricostruire da quei poveri utensili indispensabili alla fatica dell'uomo un intreccio di relazioni sociali, in piccola scala, mi consentivano di

analizzare tutta la serie delle concessioni spaziali che uniscono l'uomo alla natura, la natura alla casa colonica, all'aia come spazio di interazione naturale-sociale, come primo elemento di città. Ecco mi veniva di pensare: da qui è nato tutto, dalla casa di Ulisse che costruisce il talamo dal tronco di ulivo, alla polis greca. Ciò che gli stili architettonici mi nascondevano risultava chiarissimo da queste umilissime, povere cose.

Così maturò in me il senso dello spazio architettonico come problema di relazioni non solo tra volumi, ma anche tra epoche e civiltà diverse, tra ricordi del passato e presente immediato. Lo spazio è tutto ciò che uno si porta dietro: uno non ricorda più il bosco, ma d'un tratto riappare, come metro di conoscenza, quando visita una metropoli di cui gli sfuggono i punti di riferimento. Non sono necessari gli edifici a definire gli spazi, è sufficiente la presenza di un ambiente sociale vivo a crearli o a ricercarli.

Nei primi del '900 gli immigrati napoletani, in America o in Australia ricostruivano, ad esempio, in poco tempo il clima del 'vicolo' sui ponti delle navi che li trasportavano in quei lontani paesi. Nessun tecnico, nessun gruppo di esperti, è capace oggi di ricordare ai quartieri delle periferie urbane quel minimo di vitalità che gli immigrati riuscivano a ricostruire nelle condizioni più disagiate.

È un punto su cui riflettere, non per rimpiangere un passato, per altro di miseria e di oppressione, ma per cercare un punto di approccio diverso ai problemi della città: perché la scienza del costruire possa ritrovare un metodo efficace di intervento: l'umiltà, la fantasia e il rigore dei grandi pionieri.

Sotto questo punto di vista dobbiamo renderci conto che architettura e ingegneria devono riannodare un cammino da troppo tempo interrotto. Ingegneria e architettura sono diventate progressivamente due discipline separate ed è difficile, imbarazzante, tracciare nel tempo una storia del loro rapporto reciproco, perché, rispetto al miracolo delle grandi cattedrali gotiche e della cupola del Brunelleschi, dove la tecnica del costruire si identificava immediatamente con il risultato espressivo, è la storia di un rapporto di frustrazioni continue. Ogni tanto si è riaperto qualche squarcio nella rigida distinzione dei loro rispettivi ruoli, che ha ridato adito alla speranza, ma poi si è richiuso troppo presto perché quel rapporto di interdisciplinarietà desse frutti duraturi.

È difficile, ad esempio, dire negli ultimi tempi, quale delle due discipline abbia funzionato storicamente rispetto all'altra, come rottura di un certo linguaggio tradizionale. Spesso è stata l'ingegneria a funzionare come elemento di innovazione. I nuovi spazi dell'architettura sono in gran parte nati alla fine dell'800, dall'attività degli ingegneri che crearono nuove strutture, sperimentarono nuovi materiali, il ferro, il cemento, misurandosi, con ammirevole impegno creativo, con forze della natura quali il vento, il peso, la distanza, l'altezza. Queste nuove strutture sono diventate poi, attraverso un articolato processo di mediazione estetica e di adeguamento alla funzionalità industriale, le forme peculiari del linguaggio architettonico del nostro tempo. Resta una rivoluzione fondamentale delle cui premesse forse non abbiamo sino in fondo sfruttato e

[pagina mancante, ndr]

urbano, le due professioni rischiano di riprendere ciascuna la propria strada e già, purtroppo, nella crisi del movimento razionalista, si avvertono tutte le conseguenze negative che questa deleteria circostanza si porterebbe dietro: una regressione a nuove forme di accademismo, in architettura, il ritorno ad un tecnicismo privo di espressività, in ingegneria, perché si ha un bel predisporre ideogrammi di città se al nostro pensiero non è chiaro ciò che vuol dire vivere la città o la casa, per adeguare le forme architettoniche a quel pensiero e cioè agli uomini ed alle loro necessità di vivere la vita del corpo e dello spirito, in qualche momento ed in qualunque luogo: nella scuola e nell'ospedale, nel teatro: sia quando la sofferenza impedisce di sognare o quando l'allegrezza, la serenità permettono e richiedono il gioco.

Qualcuno obietterà che su questa base, da me indicata, saremo ormai al di fuori dell'ambito scientifico o, per lo meno, che mi sarei spostato dal contesto delle scienze sociali dove la crisi di orientamenti di ricerca è totale. Ma già Freyssinet (il grande artefice del ponte di Esbly) ci aveva ammonito a non considerare il mondo della natura separato da quello dell'uomo. Aveva già posto il rapporto uomo-natura come un dato etico-scientifico assai problematico, un equilibrio cioè tra le nostre decisioni ed i mezzi per realizzarle.

Spesso sono stato accusato di sottovalutare il ruolo dei tecnici, rispetto all'iniziativa dei cittadini. A parere mio invece dei professionisti che cercano di adeguare in continuazione i ritrovati messi a disposizione della tecnologia trasformandoli, inventandone di nuovi con caratteristiche polivalenti, sempre più rispondenti alle richieste delle comunità per cui lavorano, dovrebbero sentirsi esaltati nelle proprie capacità espressive e scientifiche, rispetto alla figura tradizionale del tecnico che applica reticoli urbanistici perennemente identici, rispondenti a criteri di razionalità sempre più rigidi e discutibili. Gli spazi nuovi, le nuove invenzioni,

possono solo nascere, da questo tipo di tensione ideale. ai limiti della lacerazione, tra scienziati, tecnici di ogni tipo, ingegneri, architetti capaci di rimettere ogni momento di discussione le certezze del proprio metodo di lavoro di fronte alle esigenze che la realtà sociale impone loro.

Non si può ad esempio non tenere conto che l'attività e la vita delle persone si muove su circuiti e relazioni spaziali nuove che noi non riusciamo ancora a concretizzare in strutture organicamente coerenti a queste profonde modifiche di abitudini. Io stesso che ricordo il mondo contadino della mia giovinezza con tanta tenerezza, se dovessi progettare qualcosa in una zona agricola, cercherei il più possibile di dimenticare, almeno in un primo momento, i ricordi struggenti del mio passato, perché essi sicuramente mi sarebbero di impedimento a capire il nuovo mondo contadino. Oggi, cioè, non si può più partire, come facevo da studente, dalla vanga, dalla falce, dagli strumenti di lavoro più modesti per arrivare alle relazioni umane e quindi alla città. I nuovi lavoratori agricoli ad esempio, se vogliono vivere dei prodotti della campagna, devono conoscere oltre e assai meglio dell'arte del dissodamento e della concimazione dei terreni, tutte le intricate leggi che regolano le sovvenzioni statali, i contratti di affitto, i contributi familiari, le pensioni di invalidità.

Di queste nuove esigenze cercherei di farmi subito partecipe, magari con l'angoscia di sapere di non essere da solo capace di risolverle. Tenterei in qualche modo di affrontare il problema più spinoso che angustia realmente la vita dell'uomo contemporaneo nelle campagne e, soprattutto, nelle città: la progressiva perdita di valori creativi e associativi nel mondo del lavoro. Oggi la gente è costretta a passare la maggior parte del proprio tempo in quegli insopportabili, anonimi, gelidi ambienti fisici e mentali che si chiamano banche, uffici postali, esattorie, tutti i vari enti burocratici-amministrativi che regolano e scandiscono la vita dei cittadini. Da questi moderni 'lager' si dovrebbe partire, a parere mio, per cercare di trasformarli in nuove 'agorà', naturali punti di incontro dove discutere gli interessi comuni, dove imparare a risolvere insieme gli intricati labirinti della contabilità quotidiana, per ridare un senso alla propria esistenza, e quindi alla città.

È utopia, fiaba?

Non lo so. Per me è l'unico metodo, magari una dimostrazione per assurdo, per cercare di conoscere lo spazio dell'uomo come è e come potrebbe essere. Lo spazio è infatti al limite della conoscenza, perché sfugge a qualsiasi tipo di simbolizzazione propria del dato matematico: o è riferito a qualcosa di totalmente vuoto entro cui si inserisce l'universo possibile degli uomini e degli oggetti; o a qualche cosa di immediatamente percepibile in quel dato momento, ma difficilmente generalizzabile e riferibile ad altra situazione.

Proprio quando viviamo e siamo partecipi, in qualche modo, della elaborazione di un nuovo spazio, ci rendiamo conto di quanto, per la definizione di questo concetto, risulti poco attendibile la distinzione rigida dei termini intuizione e metodo. Ambedue vengono accettati senza troppe discussioni nei loro rispettivi e tradizionali ambiti di competenza: l'intuizione riferita all'attività artistica, il metodo alla scienza, ma quando le reciproche competenze vengono scambiate, ecco che anche i punti di riferimento cominciano a traballare. È difficile, ad esempio, individuare la componente intuitiva in un modello scientifico ed alcuni elementi di metodo nel momento artistico.

È mia impressione che, nella circoscrizione di uno spazio architettonico accada proprio questo: che ci siano cioè necessarie contemporaneamente tutte le nostre Facoltà intuitive e analitiche, espressive e scientifiche e che dobbiamo farle interagire. Ogni concezione teorica ci consente di diminuire l'arbitrio nella descrizione di complesso di dati empirici, ci consentirà una prima sintesi delle loro reciproche relazioni nello spazio. Non ci sarà soluzione se non quando il metodo porrà la realtà nuova da studiare in relazione con altri spazi e altri ambienti già in precedenza costruiti. Ma qualcosa dello smarrimento iniziale che richiede soluzioni nuove deve restare impresso il più a lungo possibile nella mente. Anzi, quasi sempre, si protrae oltre la conclusione dell'opera, si trasforma in delusione per i risultati raggiunti.

Eppure uno spazio che esprime un contenuto; una struttura che tiene questo spazio, una forma che scaturisce da questa realtà, senza nulla di gratuito, dovrebbe arrecare al costruttore la pacata soddisfazione dell'esperimento riuscito, del risultato acquisito. Ma la delusione resta. Forse perché lo sforzo di comprensione di una situazione ambientale, in cui sono messi in connessione spazi naturali e situazioni sociali comporta sempre uno sforzo esistenziale, un impegno di attività mentali che non sempre si ritrovano poi tutte al momento della sottomissione di questi primi dati intuitivi dentro il metodo rigoroso della progettazione.

Qualcosa inevitabilmente resta fuori. Ed è proprio questo qualcosa restato fuori che si riaffaccia immancabilmente alla nostra mente per ricordarci i limiti dei risultati sin'ora raggiunti. Ciò che non si è potuto fare diventa allora l'unica cosa che si sarebbe voluto fare. Cominciamo a domandarci se il difetto di

irrealizzabilità era di natura tecnica o espressiva. Può darsi cioè che lo spazio, la struttura evocata e non realizzata meritasse di abortire perché priva di coerenza interna, ricca magari di suggestioni immaginative, ma non di una robusta fantasia capace di misurarsi con il mondo reale. Può darsi anche però che si trattasse di una traccia, sia pur vaga, di un aspetto della natura ancora nascosto che, per essere messo in luce, avesse bisogno di una nuova scienza, una nuova tecnica.

Scienza e tecnica traggono la loro origine dalla natura, sono ad essa debitrice del loro stesso essere. Ad un certo momento sembrano distaccarsene, procedere autonomamente. Così sembra. Ma in realtà esse sono nutrite della natura in modo da comprenderne la struttura, anche quando han dovuto sezionarla, farla morire per conoscere ciò che di essa è nascosto, la sua vera essenza, i suoi legami con l'universo appartenente più inavvicinabile; per poter poi servirsi di ciò che da essa hanno appreso e poterle restituire, sotto la forma più appropriata, le risorse dei risultati acquisiti. Così scienza e tecnica intervengono in aiuto di ogni essere vivente e della terra stessa che tende ad esaurirsi per il cattivo uso che se ne fa. Si creano così ritrovati e strumenti che possono rinnovarla.

È da queste considerazioni che, ad un certo punto della mia vita, mi sono avvicinato alla scienza ed alla tecnica per cercare di dare un senso nuovo a quello che venivo costruendo. Da quel momento non più la bellezza del paesaggio, dei tramonti, delle albe, degli spettacoli in genere della natura hanno interessato intellettualmente e soddisfatto il mio occhio ed il mio spirito, ma più la causa, i collegamenti tra fenomeno e fenomeno naturale, la ricerca scientifica, la applicazione tecnica e la loro rispondenza alle esigenze umane più profonde.

È leggendo, tra tante altre cose, le pagine di Galileo «sopra il chiarore della luna, che ho provato la grande commozione di rendermi conto di ciò che avviene nell'universo è senza soluzione di continuità». Quelle pagine rappresentarono per me la rottura definitiva del concetto di limite e l'addentrarsi in ciò che si definisce infinito, che è lo spazio appropriato delle esigenze dello spirito, al di là di ogni male inteso concetto di spiritualismo.



La stazione di Santa Maria Novella a Firenze all'inizio degli anni '50. Opera dell'architetto Giovanni Michelucci, fu inaugurata nel 1935. [Collezione Giannini].

Breve biografia di Giovanni Michelucci

Giovanni Michelucci [Pistoia, 2 gennaio 1891 – Firenze, 31 dicembre 1990] è stato un architetto, urbanista e incisore italiano. Fu uno dei maggiori architetti italiani del XX secolo, celebre per aver progettato ad esempio la stazione di Firenze Santa Maria Novella e la chiesa dell'Autostrada del Sole.

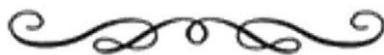
Conseguito nel 1911 il diploma all'Istituto Superiore di Architettura dell'Università di Firenze, dal 1928 al 1936 Giovanni Michelucci ricoprì l'incarico per l'architettura degli interni, l'arredamento e la decorazione presso lo stesso istituto. Nel 1936 ottenne la nomina a professore straordinario, presso la giovane Facoltà di Architettura di Firenze, costituita l'anno precedente, e nel 1938 divenne professore ordinario.

Dal 1944 al 1948, Michelucci è stato preside della Facoltà, fino al momento in cui lasciò l'Ateneo fiorentino per ricoprire la cattedra di Composizione architettonica presso la Facoltà d'Ingegneria di Bologna, dove è rimasto fino alla conclusione della sua carriera di docente.

Nel 1967 è stato nominato professore emerito della Facoltà d'Ingegneria di Bologna.



La chiesa di San Giovanni Battista, alle porte di Firenze, è chiamata anche chiesa dell'Autostrada del Sole per la sua collocazione all'incrocio fra l'Autostrada del Sole e la A11 Firenze-Mare. L'incarico per la realizzazione della chiesa di San Giovanni Battista viene affidato a Giovanni Michelucci nel settembre del 1960.



1996: PAOLO FRESCO – LAUREA IN INGEGNERIA MECCANICA

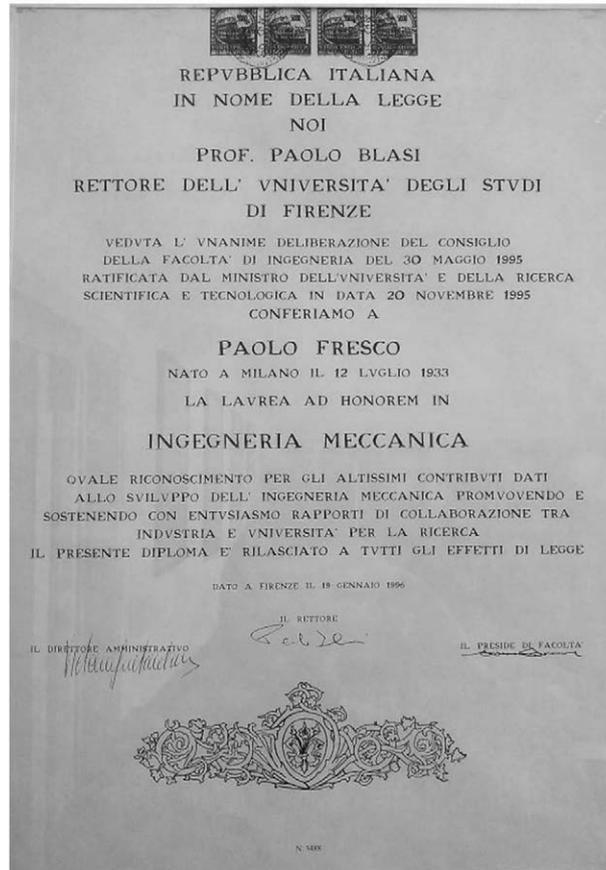
Paolo Fresco ha ricevuto la laurea *honoris causa* in Ingegneria Meccanica dalla Facoltà di Ingegneria dell'Università di Firenze il 19 gennaio 1996 «quale riconoscimento per gli altissimi contributi dati allo sviluppo dell'Ingegneria Meccanica promuovendo e sostenendo con entusiasmo rapporti di collaborazione tra industria e università per la ricerca».

Lectio magistralis di Paolo Fresco – Tecnologia e globalizzazione: implicazioni per l'impresa del futuro

Magnifico Rettore, autorità dello Stato, chiarissimi professori, signore e signori.

È per me motivo di orgoglio e soddisfazione trovarmi questa sera in questo illustre Ateneo al fine di ricevere un riconoscimento che, anche se senz'altro immeritato da un punto di vista scientifico, mi lusingo di considerare come il coronamento di una vita di lavoro interamente dedicata all'impresa industriale di alta

tecnologia. Ringrazio sentitamente il Rettore Blasi e il Preside Carnevale per le espressioni che hanno voluto riservarmi nei loro discorsi e sono onorato che il mio nome sia ora associato a quello di insigni studiosi quali Giovanni Sansone, Nello Carrara e Giovanni Michelucci che prima di me hanno ricevuto da questa Facoltà di Ingegneria una laurea *honoris causa*. Ringrazio anche i numerosi ospiti che con la loro presenza in quest'aula mi fanno un così grande piacere e tributo.



La laurea *honoris causa* a Paolo Fresco in Ingegneria Meccanica conferita dal Rettore dell'Università di Firenze Paolo Blasi.

Come ho prima accennato, la mia vita di lavoro è stata interamente dedicata all'impresa tecnologica, e mi ritengo fortunato di aver operato nella società fondata alla fine dello scorso secolo dallo scienziato Thomas Edison: una società che con le sue continue innovazioni tecnologiche ha giocato un ruolo primario nel modificare lo stile di vita di una gran parte dell'umanità. Qualche giorno fa, il 2 gennaio, il nostro presidente Jack Welch è stato invitato a suonare la campana di chiusura delle contrattazioni nel centesimo anniversario di Wall Street: un onore in questa occasione riservato alla General Electric, quale unica società sopravvissuta nel novero delle imprese che facevano parte del famoso Dow Jones index di cento anni fa.

La General Electric non solo è sopravvissuta, ma è oggi la più grande azienda di Wall Street (e la seconda nel mondo) per capitalizzazione di mercato e per utili netti. La costante ricerca del nuovo prima che il vecchio divenisse obsoleto, del rinnovo nel bel mezzo del successo, senza bisogno di crisi, è forse il segreto principale di questa sopravvivenza ai vertici; ma sicuramente la leadership tecnologica e la globalizzazione dell'impresa sono stati gli elementi trainanti degli ultimi anni. Gli stretti rapporti ed interdipendenze fra tecnologia e globalizzazione, e le trasformazioni che ne derivano e deriveranno in campo imprenditoriale, macro economico ed educativo, sono l'argomento cui intendo dedicare le mie osservazioni.



L'ingresso della General Electric Gas & Oil a Firenze.

Non vi è dubbio che la tecnologia è la principale causa per cui il mondo appare oggi così drammaticamente ridimensionato rispetto a quello che appariva solo alcuni lustri or sono. L'evoluzione dei trasporti, e ancor più delle telecomunicazioni e, più recentemente, delle tecnologie informatiche, ha trasformato il nostro pianeta in un 'villaggio globale' dove niente può avvenire senza che l'intera comunità ne sia informata in tempo reale. Se pensiamo quanto vicini siano i tempi (e, nel nostro caso, i luoghi) in cui Guglielmo Marconi cominciò i suoi esperimenti sulle onde radio, primo passo per la trasmissione a distanza delle informazioni, non possiamo che restare attoniti di fronte alla accelerazione geometrica del progresso in questo campo, che ha trasformato il nostro pianeta in un villaggio in cui l'individuo può comunicare ed interagire con altri individui nelle più remote parti del mondo come se fossero nella stessa stanza. Si pensi ad esempio all'esplosione imminente dei servizi interattivi, che consentono all'utente di personalizzare scelta, momento, durata, e tipologia dell'accesso all'informazione. Ed è dei giorni scorsi l'annuncio di reti televisive che si alleano all'industria informatica (è il caso del recente accordo NBC/Microsoft) per creare un servizio di informazioni e cronache televisive on line totalmente personalizzato.

Recentemente, alla GE abbiamo vissuto una esperienza che illustra e conferma questa miracolosa evoluzione. Qualche giorno fa, un ospedale della costa occidentale degli Stati Uniti riceveva alle 2 di notte un paziente che aveva subito gravi traumi interni e che necessitava di un'urgente tomografia a risonanza magnetica. Purtroppo l'apparecchiatura diagnostica non era funzionante e si prospettava così un trasferimento del paziente ad un altro ospedale con conseguenza di ritardo di intervento e pericolo di vita. Fortunatamente, le apparecchiature diagnostiche del particolare ospedale fanno parte di un *network* a livello mondiale; una rete di apparecchiature collegate in tempo reale con tre centri di servizio, a Milwaukee (negli Stati Uniti), a Parigi e Tokyo, con ciò assicurando un presidio continuo. Il medico di turno ha potuto pertanto collegarsi con un tecnico di stanza a Parigi che alle 11 del mattino europeo ha tele-esaminato le apparecchiature, ha identificato il guasto e ha dato istruzioni per la riparazione. Nel tempo di 15 minuti il paziente ha potuto essere sottoposto a diagnosi e successivo intervento.

Nell'esempio citato si può vedere come la tecnologia ha agito come un potente motore per la globalizzazione dell'impresa. A sua volta la globalizzazione dell'impresa agisce come un potente motore per l'ulteriore sviluppo della tecnologia, e così di seguito. Il progresso tecnologico si espande con la stessa rapidità con cui il mondo si contrae e questo 'circolo virtuoso' crea una continua accelerazione di entrambi i fenomeni. Ad esempio, e sempre rimanendo nel contesto delle apparecchiature medicali, il centro di Milwaukee è stato dotato di software che consente un collegamento in continuo e in tempo reale non solo con Parigi e Tokyo ma anche con un nuovo grande centro di progettazione e ingegneria creato a Bangalore in India. In tal modo si è realizzato un centro virtuale di progettazione su base mondiale, che consente a centinaia di ingegneri indiani, americani, francesi e giapponesi di lavorare in continuo sugli stessi programmi

e progetti, favorendo lo scambio immediato delle migliori idee e dei migliori risultati, e approfittando dei diversi fusi orari, di avanzare lo sviluppo con un ritmo di 24 ore su 24. Globalizzazione significa sviluppi tecnici integrati a livello internazionale non soltanto all'interno della stessa azienda, ma sempre più di frequente fra diverse aziende e paesi del globo.

Un prodotto di altissima tecnologia recentemente introdotto sul mercato è il motore per aerei GE90, il più grande ed efficiente motore oggi esistente al mondo, capace di generare una spinta di oltre 100 mila libbre. La realizzazione di questo prodotto ha richiesto lo sviluppo di nuove tecnologie per le palette con l'impiego di materiali compositi, che hanno eccezionali caratteristiche di leggerezza e resistenza; la progettazione di un combustore a doppio anello in grado di ridurre i consumi e le emissioni; ed un nuovo compressore capace di operare con un rapporto di compressione di 23:1. Ebbene il GE90 è il risultato di una collaborazione tecnologica globale fra General Electric, Fiat, la società francese SNECMA e la giapponese IHI. Non credo che alcuna impresa isolata, per grande che fosse, avrebbe potuto giustificare economicamente i costi di questo sviluppo – oltre 2 miliardi di dollari – o l'avrebbe realizzato nei tempi richiesti dal mercato.

La chiave di successo per l'impresa futura sarà la sua capacità di attingere alle competenze tecniche non di una sola organizzazione, o di un solo paese, ma di una vasta pluralità di fonti globali.

È in questo contesto che devono, a mio avviso, essere visti i rapporti fra impresa globale ed i governi e le nazioni nelle quali essa opera. Indubbiamente tecnologia e globalizzazione tendono a far espandere notevolmente l'impresa di successo, con la conseguenza *che* il potere dell'impresa, in termini di creazione di ricchezza, di capacità d'investimento, di scelta di nuovi insediamenti industriali o commerciali, viene a volta visto come eccessivo e addirittura pericoloso. Si tratta di un problema complesso, la cui soluzione richiede l'abbandono di posizioni di estremismo fideistico da entrambi i lati. All'impresa incombe l'obbligo di riconoscere che all'accresciuto potere derivante dalla sua globalità, deve accoppiarsi una accresciuta responsabilità. L'impresa globale non può più limitarsi a soddisfare gli interessi dei suoi azionisti, deve ora darsi carico di rispettare, e soddisfare, gli interessi delle molteplici istituzioni, nazionali ed internazionali che dalle sue azioni sono influenzati. Ai governi, si richiede di prendere atto della necessità per l'impresa di assicurare per i propri progetti ritorni ottimali e di creare un clima nel quale siano assenti dal tessuto politico-economico rischi o impedimenti extra-economici che rendano preferibile una localizzazione di risorse altrove.

L'interdipendenza fra governi e imprese globali è un fatto che, piaccia o no, esiste come parte integrale della globalizzazione tecnologica. Quando i limiti reciproci non sono rispettati, si crea un conflitto in cui l'impresa soccombe, e così deve essere nella logica delle parti, nel paese in cui il conflitto avviene; ma il paese alla lunga perde il beneficio socio economico del commercio globale. Ma interdipendenza vuol dire compromesso, e compromesso vuol dire convivenza pacifica. Sempre di più, assistiamo oggi allo sviluppo di una fitta rete di interdipendenze tra imprese globali e nazioni, che progressivamente rende irreversibile la cooperazione economica e tecnica a livello globale. In questo quadro, l'impresa globale se consapevole dei propri limiti e delle sue nuove responsabilità, può svolgere una funzione equilibrante, pacificante dei conflitti fra nazioni, una funzione che privilegia il compromesso economico basato sul libero flusso di beni, capitali e tecnologie, a fronte di protezionismi e conflitti nazionalistici.

Signore e Signori, senza andare oltre oceano proprio qui a Firenze abbiamo davanti agli occhi uno dei più notevoli esempi non solo di successo industriale basato sul binomio tecnologia globalizzazione ma anche del contributo che l'azienda globale può portare al perseguimento di interessi nazionali. Mi riferisco al Nuovo Pignone, un'impresa che ha raggiunto livelli molto sofisticati di cooperazione internazionale, senza arroganze né timidezze, arrivando appunto a risultati di eccellenza di grandissimo valore. Nuovo Pignone è pertanto da tempo un'azienda di successo a livello globale. Nel 1994, nel contesto di una operazione che forse rappresenta uno dei migliori esempi di recente privatizzazione in Europa, fu elaborato, ed è ora in corso di esecuzione, un piano industriale volto ad arricchire le competenze tecniche del Pignone ed inserirle in un quadro mondiale che ne consente un potenziamento ed ampliamento altrimenti non disponibili. Gli ingegneri e le fabbriche del Pignone stanno diventando la base per lo sviluppo e la produzione, in esclusiva mondiale di una serie di prodotti (ad esempio le turbine fino a 30 MW) precedentemente concepiti, progettati e fabbricati negli Stati Uniti: un 'centro di eccellenza' che consentirà un incremento del potenziale di occupazione, esportazioni e sviluppo tecnologico del nostro paese.

Il che mi porta all'ultimo punto dei miei commenti.

Sviluppo tecnologico presuppone disponibilità e ricambio di quadri dotati di una solida preparazione scientifico-teorica. E dato che la grande maggioranza degli ingegneri che lavorano al Pignone sono il prodotto dell'Università di Firenze vorrei esprimere al Rettore ed al Preside un sentimento di stima e gratitudine per aver saputo preparare professionisti di grande qualità. La collaborazione con l'università non si limita alla formazione dei laureati ma interessa anche settori della ricerca in aree diverse, incluso la fluidodinamica, le ricerche avanzate sulla combustione e sugli scambi termici, lo studio dei materiali.

Mi attendo che questa collaborazione sarà intensificata come conseguenza del ruolo che Pignone ha assunto all'interno del gruppo GE. Gli ingegneri del futuro, insieme con una solida base tecnica, dovranno essere preparati ad affrontare le nuove sfide del villaggio globale. Oggi, la concorrenza mondiale impone ritmi di innovazione di prodotti e servizi che si misurano non più in anni, ma in mesi e giorni. Nello stesso tempo, le continue pressioni per il miglioramento dei costi e della qualità richiedono radicali semplificazioni del prodotto, rivolte alla riduzione del numero delle parti e dei cicli di produzione. Nel futuro, la semplicità farà premio sull'eleganza delle soluzioni tecniche; o meglio, come nella migliore tradizione classica, eleganza e semplicità diverranno sinonimi.

La stessa necessità di miglioramenti radicali si propone nel campo delle prestazioni. Gli industriali giapponesi, sempre all'avanguardia nella commercializzazione delle tecnologie, parlano di *bullet train thinking* con una analogia all'approccio rivoluzionario necessario per passare da una locomotiva tradizionale a quella a velocità doppia o maggiore del treno Tokyo-Osaka: una sfida a perseguire miglioramenti radicali e non incrementati. Occorre quindi che i nuovi ingegneri si formino con mentalità aperte ai cambiamenti, ai salti di qualità, alle accelerazioni dei processi; che non si accontentino di prodotti con coefficienti di qualità di 3 o 4 sigma, che è quello che l'impresa media raggiunge ora, ma che pretendano e credano nel 6 sigma, cioè 3, 4 difetti per milione di esemplari. Ingegneri che concepiscano il ruolo non tanto come di ricercatori di nuove sensazionali scoperte, ma di membri di una squadra che pone come priorità assoluta il servizio al cliente.

In aggiunta, in un mondo in cui progetti complessi verranno sempre più affrontati a livello globale, con il contributo determinante di gente di diverse nazioni, razze e culture, la disponibilità ad accettare idee altrui, da qualunque fonte vengano, ed integrare diversi punti di vista, diverse risposte, in soluzioni sistematiche di team, sarà l'elemento più importante del successo. Gli ingegneri del futuro nel portare il loro contributo tecnico all'impresa, dovranno anche saper riconoscere le multiple sfaccettature che il prisma della realtà presenta a seconda della prospettiva culturale di chi lo osserva. Perciò l'impresa di successo, qualunque sia la sua formazione d'origine, sarà sempre più gestita da quadri multinazionali e multiculturali come formazione, mentalità ed *animus*.

Rettore magnifico, signore e signori di nuovo grazie per questo grande onore che oggi mi avete riconosciuto.

Breve biografia di Paolo Fresco

Di padre marchigiano, madre friulana, nato a Milano nel 1933, Paolo Fresco è stato spesso soprannominato 'l'americano', perché la sua carriera si è svolta in gran parte negli USA. Laureatosi in giurisprudenza a Genova nel 1955, Fresco lavora a Roma fino al 1962 quando entra nella Compagnia Generale di Elettricità, controllata italiana del colosso americano General Electric, di cui diventa consigliere per l'area mediterranea. Nel 1966 si trasferisce a New York per poi tornare in Italia come vicepresidente e, nel 1972, direttore generale per l'Africa e il Medio Oriente. La sua carriera prosegue fino a diventare nel 1992 Vicepresidente Esecutivo della General Electric, una tra le prime dieci società del mondo.

È da questa posizione che nel 1993 entra in gioco nel processo di privatizzazione del Nuovo Pignone di Firenze, azienda del gruppo ENI e considerata 'gioiello' della tecnologia italiana nel ondo grazie ai suoi prodotti (compressori centrifughi, compressori alternativi, turbine a gas e a vapore) estremamente affidabili ed innovativi. Il Nuovo Pignone viene dunque privatizzato nel 1993 cedendone il controllo alla General Electric per 1100 miliardi di lire. L'operazione crea ovviamente molte preoccupazioni nel personale Pignone, dagli operai alla dirigenza. Fresco si impegna moltissimo per tranquillizzare i lavoratori:

L'operazione per noi non è un salto nel buio, ma l'approfondimento del rapporto con un partner storico: il Pignone ha prodotto, fino ad oggi, 900 turbine con tecnologia GE; non è stata, quindi, solo una questione di prezzo, ma soprattutto di piani industriali.

La storia ha poi confermato quanto dichiarato da Paolo Fresco: oggi il Nuovo Pignone è la capofila della divisione Oil & Gas della GE Energy (caso unico per General Electric di capofila non basata in USA); ha moltiplicato per un fattore di circa 8 il fatturato e detiene una quota rilevante del mercato mondiale delle turbine a gas e a vapore, dei compressori centrifughi e alternativi, oltre che di altri apparati relativi all'impiego e al trasporto di petrolio e gas naturale, operando con successo sia nella progettazione e nella costruzione dei macchinari che nella manutenzione di impianti. Svolge inoltre importanti attività di ricerca e formazione molte delle quali in sinergia con gruppi di ricerca dell'Ateneo fiorentino.

È proprio in considerazione di quanto sopra che il 19 gennaio del 1996 Fresco riceve la laurea *honoris causa* in Ingegneria. 'L'americano' non tradisce mai il suo forte legame con l'Italia: nel 1996 inizia il suo percorso in FIAT come consigliere in CdA prima e come Presidente dopo (1998). Ma ancor più forte risulta essere il suo legame con Firenze presso la quale acquista una dimora (sulla collina di Fiesole) e dalla quale riceve la più alta onorificenza: l'11 dicembre 2009 nel salone dei Cinquecento di Palazzo Vecchio il Sindaco Matteo Renzi gli consegna il Fiorino d'Oro.



Paolo Fresco ed il Sindaco di Firenze Matteo Renzi durante la cerimonia della consegna del Fiorino d'Oro della città di Firenze in Palazzo Vecchio nel 2009. Il riconoscimento civico è destinato a cittadini italiani o di altri Paesi, di riconosciuta probità, che, attraverso la loro notoria opera nel campo della cultura, delle arti, del lavoro in ogni sua espressione, della politica, dell'assistenza, della filantropia, dello sport, delle attività internazionali, abbiano dato lustro in particolare alla città.



2004: JEAN TODT – LAUREA IN INGEGNERIA MECCANICA

Jean Todt ha ricevuto la laurea *honoris causa* in Ingegneria meccanica dalla Facoltà di Ingegneria dell'Università di Firenze il 16 febbraio 2004, «per la rilevante opera svolta nello sviluppo di tecnologie

avanzate nel settore automobilistico sportivo, perseguita anche con la promozione di collaborazioni di ricerca università-industria».

La laurea gli è stata conferita alla presenza del Magnifico Rettore Augusto Marinelli e del preside della Facoltà di Ingegneria Franco Angotti nell'aula magna del Polo delle Scienze Sociali di Novoli.

Jean Todt, ha svolto in occasione del conferimento della laurea in ingegneria, un intervento sul tema *Dalle prime esperienze di Rally all'attuale incarico nella Gestione Sportiva in Ferrari: l'automobilismo come una passione innanzitutto.*



Il neo-dottore Jean Todt tra il Preside della Facoltà di Ingegneria Franco Angotti ed il Rettore dell'Università di Firenze Augusto Marinelli.

«L'automobilismo sportivo è stato sempre la mia grande passione», ha detto Todt nella sua *lectio doctoralis*,

sin da quando ero un ragazzo, il mio sogno era cimentarmi nelle corse automobilistiche. Mio padre era un medico e avrebbe voluto vedermi frequentare l'università: vedermi ricevere oggi la laurea in un ateneo prestigioso come questo lo avrebbe certamente reso felice.

Poi è arrivato il mestiere di copilota, fino a quando nel 1970 Todt entrò in contatto con la Peugeot e poi nel 1993 con la Ferrari. «Per me la Ferrari era sempre stata un mito», ha detto tra l'altro Todt,

e ricordo ancora quando chiesi ad Enzo Ferrari di scrivere la prefazione ad un libro che avevamo scritto insieme ad un mio amico giornalista, Jean Louis Moncet, dedicato alla storia della 205 Turbo 16: fu una grande emozione quando ricevetti la sua lettera, firmata con il caratteristico inchiostro viola. A differenza di quanto avvenuto alla Peugeot dodici anni prima, alla Ferrari c'era un presente e, soprattutto, un passato che incombeva. La squadra più gloriosa della Formula 1 non poteva restare a lungo lontano dalla vittoria e le pressioni che venivano esercitate, dall'esterno e dall'interno, erano fortissime. Il successo di una squadra o di un atleta, qualsiasi sia lo sport, ha nel risultato un verdetto inappellabile. Fra i compiti di un capo c'è anche quello di gestire le sconfitte, ma anche le vittorie. Dalle prime si devono imparare le lezioni per ribaltarle, dalle seconde si devono trarre le motivazioni per ripeterle. Alla Ferrari abbiamo faticato tanto prima di arrivare al successo. Per tre anni consecutivi, dal 1997 al 1999, la vittoria nel Campionato Piloti ci è sfuggita all'ultima gara, mentre il titolo Costruttori è arrivato nel 1999 interrompendo un digiuno che durava dal 1983. La pressione che veniva dall'esterno nei momenti della sconfitta era fortissima – ricordo bene Jerez '97 – ed io dovevo fare da scudo verso i miei uomini, cercare di proteggerli e, al tempo stesso, di non farli perdere d'animo e di dare loro nuove motivazioni. Poi sono arrivate le vittorie. Il 2000 è stato l'anno della svolta. Il successo di Michael a Suzuka ci ha permesso di riportare a Maranello quel mondiale Piloti che mancava dal 1979, tanto, troppo tempo.



La Ferrari F1-2000 con cui Michael Schumacher, ben 21 anni dopo Jody Scheckter, vinse il titolo di Campione del Mondo Piloti 2000. Quello stesso anno, con 10 vittorie, di cui una firmata dal nuovo arrivato Rubens Barrichello, e un totale di 170 punti, la Scuderia Ferrari bissava il Mondiale Costruttori del 1999. [<http://formula1.ferrari.com/it/>].

Infine Todt ha poi descritto la gestione del futuro. «È già da un po' di tempo», ha concluso Todt,

che stiamo lavorando per dare una risposta. Abbiamo sempre pensato che la stabilità fosse un elemento fondamentale per raggiungere il successo. Per diversi anni, la Ferrari era stata caratterizzata da un andirivieni di dirigenti con un conseguente disorientamento dei livelli operativi. Posso dire con orgoglio che il gruppo che si è formato nella seconda metà degli anni Novanta è ancora insieme, integro e motivato a continuare a lavorare. Stabilità non vuol dire però immobilismo. In questi anni abbiamo creato le condizioni perché le più meritevoli fra le risorse che abbiamo potessero essere indirizzate verso crescenti livelli di responsabilità. Ci sono ingegneri che sono entrati da noi subito dopo la laurea che ora rivestono incarichi importanti grazie alla bontà del lavoro che hanno svolto in questi anni. Il merito alla Ferrari viene premiato: non si fa carriera per anzianità o per diritto divino. Abbiamo proseguito e proseguiamo ad accogliere collaboratori che vengono dall'esterno in modo che ci sia sempre il contributo di esperienze diverse. Abbiamo instaurato rapporti con le maggiori università italiane, ovviamente Firenze è una di queste, perché crediamo nell'iniezione di energie fresche che vengono dai giovani. Abbiamo reso questa squadra un modello da seguire come organizzazione, come capacità di innovazione e come qualità della vita professionale. Questa è la Ferrari di oggi ed è quella che vogliamo che sia anche nel futuro.

Jean Todt si è anche soffermato con gli studenti fiorentini, impegnati nel progetto Formula Student. Gli studenti – guidati da Renzo Capitani, ordinario di Costruzioni di Autoveicoli – hanno infatti progettato e costruito il prototipo di un'auto da corsa, per la Formula Student, una competizione organizzata dalla SAE (*Society of Automotive Engineers*), che mette a confronto le università di tutto il mondo, impegnate nella progettazione, costruzione e messa a punto di una vettura di tipo 'Formula'. L'Università degli Studi di Firenze ha partecipato per la prima volta a questa gara nel luglio 2002, rappresentata dal Firenze Race Team V2, in classe 3, ovvero presentando ai giudici il progetto, l'analisi dei costi e il *business plan*. Tale esperienza è stata fonte di grande soddisfazione per il *team*, che si è aggiudicato il primo premio per il miglior progetto in classe 3, e il primo premio assoluto tra sessanta università per la migliore presentazione. L'edizione 2003 della Formula Student che si è svolta sempre a Leicester ai primi di luglio, ha visto la vettura del Firenze Race Team V2 confrontarsi in pista con le vetture di altre cinquanta università. Nel corso dell'inverno 2002-03, infatti, dopo aver sviluppato il progetto vincente 2002, è stata realizzata e perfezionata la prima vettura dell'Università di Firenze: il nostro *team* è risultato la migliore squadra debuttante, ottenendo il primo posto tra le italiane, il quinto tra le europee e il quindicesimo assoluto.



La vettura con cui la Firenze Race Team, squadra ufficiale dell'Università di Firenze, ha partecipato nel 2012 alla Formula Student, competizione studentesca di progettazione nata nel 1978 per iniziativa della *Society of Automotive Engineers* [<http://www.firenzerace.it>].

Breve biografia di Jean Todt

Jean Todt [Pierrefort (Francia), 25 febbraio 1946] per 15 anni co-pilota, terreno sul quale, come è noto, si misurano le capacità di comprendere bene il connubio macchina-pilota, e che hanno consentito a Jean Todt di consolidare le sue attitudini di autentico manager, 12 anni trascorsi nel Gruppo Peugeot-Citroen, partecipa con successo sia al mondiale Rally, sia ai Rally-Raid, aggiudicandosi ben 4 Parigi-Dakar e, per due anni consecutivi (1992 e 1993) la mitica a prestigiosa 24 ore di Le Mans.

Passa quindi alla Ferrari come direttore della gestione sportiva della quale diviene, per meriti conquistati sul campo, nel 2001, Direttore Generale, assumendo così la responsabilità di tutte le attività sportive del Gruppo Ferrari-Maserati. Nello stesso anno, egli entra a far parte del consiglio d'amministrazione del gruppo. Sotto la sua guida, la Scuderia Ferrari, reduce da un lungo periodo di crisi, vince ben 5 titoli mondiali costruttori e 4 titoli mondiali piloti conquistati, questi ultimi, consecutivamente tutti con Michael Schumacher. Una carriera personale di grande prestigio, costellata da rilevanti successi in ambito automobilistico sportivo, nella quale egli mostra doti non comuni applicate ad un brillante lavoro di ingegneria, nel senso più classico ed insieme moderno del termine.

Rilevanti poi risultano le sue doti di manager nella gestione delle molteplici attività presenti nel mondo delle competizioni sportive che richiedono una visione integrata di competenze multidisciplinari di altissimo livello, da quelle progettuali meccaniche, elettroniche e di controllo a quelle tecnologico costruttive e di sistema. Per inquadrare in maniera completa la figura di Jean Todt si deve anche citare il suo impegno al servizio di iniziative umanitarie: egli infatti fa parte del comitato esecutivo della Adrec, associazione creata per lo sviluppo della ricerca sulle malattie del cervello e del midollo spinale.

È certamente il segno dell'elevata considerazione di cui gode in campo internazionale, il riconoscimento conferitogli nel 2002 dal presidente Carlo Azeglio Ciampi ossia il titolo di commendatore della Repubblica Italiana: è la seconda alta onorificenza ricevuta, dopo il titolo di *commandeur de la Légion d'Honneur*, conferitagli dal Presidente della Repubblica Francese.



Il *team* della Formula Student con Jean Todt.

I PROFESSORI EMERITI

In Italia la figura del professore emerito è stata definita nel Regio Decreto 31 agosto 1933 n. 1592 riguardante l'*approvazione del testo unico delle leggi sull'istruzione superiore*. Da allora ad oggi tutte le leggi relative alla Università hanno riconfermato, senza innovare, il dettato concernente la figura del professore emerito.

Il Regio Decreto citato (pubblicato nel Supplemento ordinario del 7 dicembre 1933 n. 283) recita all'art. 111:

Ai professori ordinari, che siano stati collocati a riposo o dei quali siano accettate le dimissioni, potrà essere conferito il titolo di 'professore emerito', qualora abbiano prestato almeno venti anni di servizio in qualità di professori ordinari: il titolo di 'professore onorario' qualora tale servizio abbia avuto la durata di almeno 15 anni.

Questi titoli sono concessi con decreto Reale, su proposta del ministro, previa deliberazione della Facoltà o scuola cui l'interessato apparteneva all'atto della cessazione del servizio.

Ai professori emeriti ed onorari non competono particolari prerogative accademiche. Secondo la giurisprudenza tutti i professori, di qualunque ordine e grado, quando vanno in quiescenza perdono il diritto di fregiarsi del titolo di 'professore'. Fanno eccezione solamente i professori emeriti.

Attualmente in tutte le università italiane il conferimento del titolo di professore emerito è attribuito a professori che oltre ad avere i requisiti richiesti dal regio decreto richiamato, si siano particolarmente distinti per contributi originali d'ordine scientifico, didattico ed accademico in senso lato. Finora la proposta di nomina, andava rivolta al ministero che ha giurisdizione sull'università e, di norma, era formulata dalla Facoltà in modo motivato e con delibera di approvazione di almeno due terzi dei componenti del consiglio di Facoltà. In alcuni atenei la proposta era formulata dal senato accademico. Il decreto di nomina è emanato dal ministro previa verifica di congruità.

Oggi, la nuova legge 240/2010 (Gelmini), pur non innovando il merito allo status dei professori emeriti modifica sostanzialmente la struttura degli atenei e, quindi, degli organi che decidono sulle proposte. Gli adattamenti statutari sono in corso e, pertanto, le prassi dipenderanno da come i singoli atenei applicheranno la nuova normativa. Comunque il decreto di nomina è emanato dal ministro previa verifica di congruità.

Attualmente i professori emeriti della Facoltà di Ingegneria dell'Università di Firenze sono Franco Angotti, Carlo Atzeni, Vito Cappellini, Roberto Genesio, Edoardo Mosca e Gaetano Villari.

Di seguito sono riportate le *lectio magistralis* o i contributi di alcuni dei docenti della Facoltà che sono professori emeriti dell'Università di Firenze.

NUOVE TENDENZE DEI CODICI EUROPEI NELLA PROGETTAZIONE STRUTTURALE

Franco Angotti

Lectio magistralis tenuta il 9 giugno 2011

Carissimi studenti, colleghi ed amici

desidero innanzi tutto ringraziare il Rettore, Aberto Tesi, il Preside Manetti, I direttori dei dipartimenti, i colleghi, gli amici, per la loro presenza. Ringrazio anche i colleghi che mi hanno scritto di non poter essere presenti per vari impegni. Un particolare ringraziamento rivolgo ai miei studenti che vedo qui numerosi.

Confesso di avere avuto qualche incertezza nella scelta del tema di questa che è l'ultima lezione di un corso, quello di Scienza delle Costruzioni per gli allievi del corso di laurea in ingegneria civile, che ho tenuto ininterrottamente per ben 26 anni, avendolo ereditato da Giuliano Augusti.

Tradizionalmente l'ultima lezione di questo corso è dedicata alla stabilità dell'equilibrio elastico e più precisamente al così detto 'carico di punta'. Si tratta di un problema strutturale fra i più insidiosi sia per il fenomeno in sé sia perché interessa una vasta categoria di strutture. È un argomento che chiude il corso e contemporaneamente apre un capitolo nuovo con un argomento che troverà sistematica trattazione in corsi successivi. La presenza però di un più vasto pubblico mi ha spinto a fare oggetto di questa lezione un argomento del quale mi sono occupato in questi ultimi anni e che possiamo inquadrare nel tema generale delle nuove tendenze dei codici europei (i cosiddetti Eurocodici Strutturali) nella progettazione di strutture.

Farò specifico riferimento a quelle in calcestruzzo strutturale, ma gran parte delle considerazioni sono del tutto generali e prescindono dalla particolare tecnologia. Tema vasto, ampio e che perciò necessita di essere delimitato. Mi riferirò quindi a quegli aspetti di base, comuni cioè a tutte le strutture e che hanno già un elevato grado di urgenza per gli elementi di sicurezza che implicano e dei quali è sempre più difficile prescindere. Mi riferisco in particolare ai seguenti: sostenibilità ambientale, robustezza, ciclo di vita e nuovi materiali. Naturalmente nella progettazione strutturale tutti questi temi sono strettamente correlati fra loro ed a quelli tradizionali, ma sempre imprescindibili, della sicurezza e dell'economia, nella consapevolezza che l'ingegnere deve sempre sforzarsi di ottimizzare tutti questi aspetti.

Il terzo pilastro

Ai due pilastri tradizionali dell'economia e della sicurezza già da qualche tempo si è aggiunto il terzo pilastro rappresentato dall'ambiente. Il tema dell'influenza dell'ambiente nella progettazione delle strutture può apparire una novità, anche se sotto l'aspetto strettamente tecnico è da molto tempo che nell'ingegneria strutturale si parla di interazione ambiente-struttura. Aspetto questo che è stato inteso in senso unidirezionale ossia come effetto dell'ambiente sulla struttura ed in questa accezione l'interazione vuol dire valutare le azioni, tipicamente vento, variazioni termiche, sisma, degrado, ecc., alle quali la struttura è chiamata a resistere con adeguata sicurezza e per tutta la sua vita utile.

Ma non è a questo aspetto che si riferisce il terzo pilastro, né si riferisce alla così detta valutazione dell'impatto ambientale di un'opera, ma piuttosto alle conseguenze sull'ambiente che l'opera da costruire può produrre e nella valutazione della sostenibilità di queste conseguenze.

Intanto osserviamo che il tema è di grande attualità, si registrano molte iniziative, intere riviste sono dedicate alla questione ambientale, i congressi si susseguono con una certa intensità. La ricerca ha ottenuto risultati interessanti anche metodologici e quindi sono maturi i tempi per avviare il trasferimento di questi risultati nella pratica professionale. Nel settore delle costruzioni l'argomento ha acquistato una certa urgenza e cercherò di spiegarne i motivi.

Tradizionalmente la parola d'ordine del progettista strutturale è stata 'sicurezza'; a questa si è aggiunta, da non molti anni, la parola d'ordine 'durabilità'; oggi, a mio avviso, la parola d'ordine deve essere 'ambiente', tenendo presente però che già da qualche decennio, esattamente dalla fine del 1987 (rapporto di

Brundtland) l'attenzione si è spostata dalla protezione dell'ambiente allo sviluppo sostenibile, ossia a nuovi modelli di sviluppo economico. Infatti, come è noto, il termine 'sviluppo sostenibile' coniuga le aspettative di benessere e di crescita economica con il rispetto dell'ambiente e la tutela delle risorse naturali.

Sarebbe interessante ripercorrere i passaggi fondamentali di questa evoluzione.

Diceva Theodor Von Karman: «gli scienziati scoprono il mondo che esiste, gli ingegneri creano il mondo che non c'è mai stato». Egli focalizzava così l'attenzione su un aspetto rilevante dell'attività dell'ingegnere che storicamente lo ha messo al centro dello sviluppo. Il giudizio su questo sviluppo, sempre considerato di per sé un valore positivo, ad un certo punto della storia è divenuto sempre più critico, ha subito cioè una svolta che ne ha messo in discussione il ruolo. Hanno cominciato ad affacciarsi ed a farsi strada più cruciali considerazioni che piano piano hanno finito col prendere il sopravvento. Ad un certo punto della storia si è capito che lo sviluppo non era più un valore di per sé positivo, ma ha cominciato a trovare restrizioni a causa di una vera e propria esplosione di quella che possiamo definire la potenza della tecnica.

Ma come mai siamo giunti a questa svolta?

Lo sviluppo sostenibile

Pozzati e Palmeri nel libro *Verso la cultura della responsabilità, ambientale, tecnica, etica*¹ conducono un'interessante analisi di questa evoluzione.

Osservano che

con l'irrompere a metà del '900 della potenza della tecnica e con il successivo verificarsi di imprese arrischiate sino all'estremo (ne offrono chiari esempi le vicende della fisica nucleare, dell'ingegneria genetica e di alcuni incidenti ambientali) si è via via consolidata la coscienza dei pericoli e delle necessarie tutele.

Questo processo ha determinato una evoluzione dei rapporti dell'uomo con l'ambiente, contrassegnata da alcune svolte fondamentali, l'ultima delle quali, quella dei grandi rischi e dei rischi ambientali ha fatto dire al sociologo tedesco Ulrich Beck² che, a partire dagli anni '70, «i conflitti sociali di una società distributrice di ricchezza iniziano ad intersecarsi con quelli di una società distributrice di rischi». Il recente disastro nucleare di Fukushima insegna e conferma.

I passaggi fondamentali che hanno segnato l'avvio dell'attenzione alla questione ambientale ed al parallelo sviluppo delle strategie per la sostenibilità sono stati molteplici. Fra gli eventi il più importante è certamente il Protocollo di Kyoto. In base a questo protocollo 24 paesi industrializzati e 14 paesi ad economia in transizione si sono impegnati a conseguire gradualmente, nel periodo 2008-2012, una riduzione di almeno il 5,2% rispetto al livello emesso nel 1990, delle loro emissioni complessive di CO₂. L'impegno è stato diverso per i diversi paesi. Come è noto la ratifica definitiva del protocollo è avvenuta il 16 febbraio 2005 con la firma della Federazione Russa del novembre 2004. L'impegno per l'Italia è stato quello di ridurre, rispetto al 1990, del 6,7% le emissioni di gas serra entro il 2010. Nel frattempo però le emissioni nel periodo 1990-2003 sono aumentate dell'11%. Per tutta l'Europa gli impegni sono molto stringenti ed è urgente prender provvedimenti. Da qui nasce la crescente attenzione al tema.

Il CEN/TC250³ è interessato ad elaborare una strategia, resa ormai impellente proprio dalle imminenti scadenze, per ottenere i relativi mandati dalla Commissione UE. È quindi evidente che il mondo degli Eurocodici si sta muovendo in senso operativo verso una generazione di codici, su specifici argomenti, legati alla evoluzione della questione ambientale.

Ricordiamo subito che ai 3 ben noti requisiti essenziali di competenza del TC250, fissati dalla Direttiva Europea sui Prodotti da Costruzione, Resistenza meccanica e stabilità, Sicurezza in caso di incendio e Sicurezza nell'uso, il Regolamento (UE) n. 305/2011 del Parlamento Europeo e del Consiglio approvato il 9 marzo 2011, che fissa le condizioni armonizzate per la commercializzazione dei prodotti da costruzione e che sostituisce la direttiva 89/106/CEE del Consiglio, ha aggiunto il requisito: Uso sostenibile delle risorse naturali.

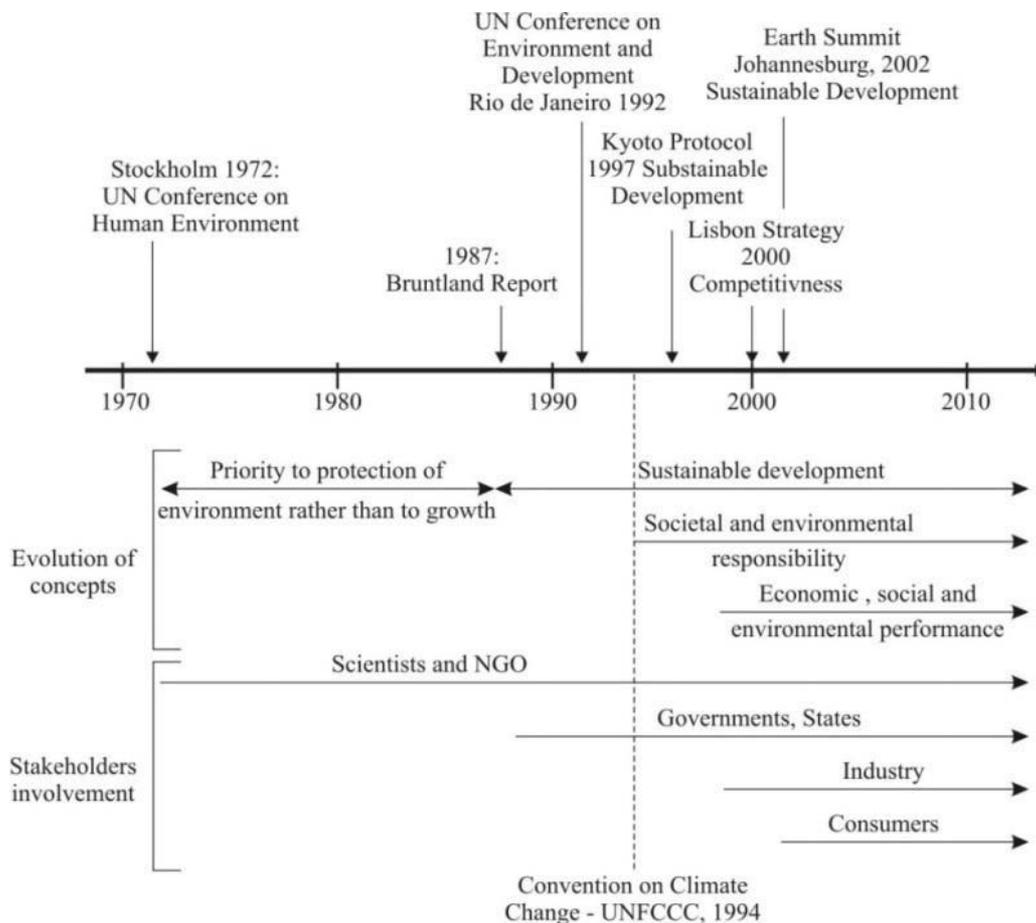
¹ P. Pozzati, F. Palmeri, *Verso la cultura della responsabilità, ambientale, tecnica, etica*, Ed. Ambiente, Milano 2007.

² U. Beck, *La società del rischio. Verso una seconda modernità*, Carocci, Roma 2000.

³ Il CEN è il Comitato Europeo di Normazione, il TC250 è il Comitato Tecnico che coordina gli Eurocodici Strutturali

Le opere di costruzione devono essere concepite, realizzate e demolite (evento questo da prevedere) in modo che l'uso delle risorse naturali sia sostenibile e garantisca in particolare la possibilità di riutilizzare l'opera costruita, la riciclabilità dei materiali impiegati, la durabilità prevista per la costruzione, l'impiego di materie prime e secondarie ecologicamente compatibili (IT L 88/34 Gazzetta ufficiale dell'Unione europea 4.4.2011)

Kumar Metha⁴ sostiene che il danno ambientale subito dal nostro pianeta è strettamente legato a tre fattori: popolazione, industrializzazione ed urbanizzazione e sfruttamento delle risorse naturali. Sulla crescita della popolazione e sul processo di urbanizzazione che la accompagna le previsioni sono piuttosto pessimistiche. Dal 1950 a oggi gli abitanti delle città sono cresciuti di quattro volte e nel 2030 raggiungeranno i 5 miliardi. L'aumento maggiore avverrà in Asia e Africa. L'urbanizzazione più forte sta avvenendo in Cina, dove ogni anno 18 milioni di persone si stabiliscono in città. Pertanto per rendere minimo il danno ambientale provocato dallo sviluppo socio-economico non resta che agire sullo sfruttamento delle risorse naturali, attraverso il loro massimo risparmio.



I passaggi fondamentali che hanno segnato l'avvio dell'attenzione alla questione ambientale ed al parallelo sviluppo delle strategie per la sostenibilità sono stati molteplici; nello schema di figura⁵ sono mostrati gli eventi chiave internazionali che hanno determinato le strategie politiche e le decisioni per la sostenibilità, l'evoluzione di concetti ed idee ed il graduale coinvolgimento dei vari portatori di interessi.

⁴ P.K. Mehta, *Reducing the environmental impact of concrete*, «Concrete International», Ottobre 2001, pp. 61–66.

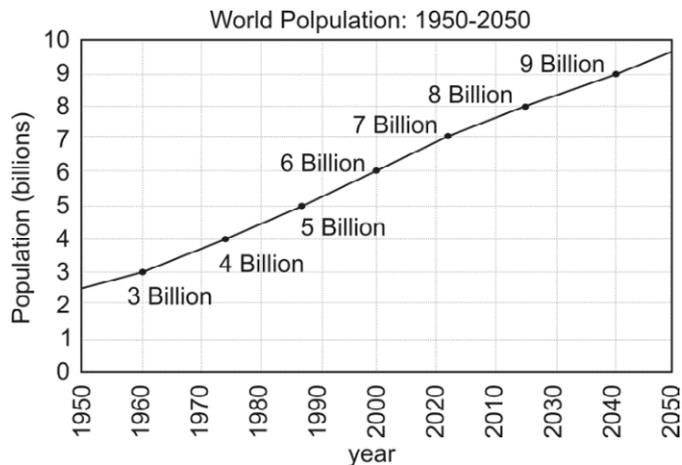
⁵ J.-A. Calgaro *The Eurocodes and the Construction industry - Medium-term strategy - 2008 – 2013*, Report elaborato dal TC250, gennaio 2009.

Come conseguenza di tutto ciò cominciamo tutti a renderci conto, l'industria delle costruzioni per prima, che il problema della limitazione nell'uso delle risorse è divenuto un problema strategico di sviluppo.

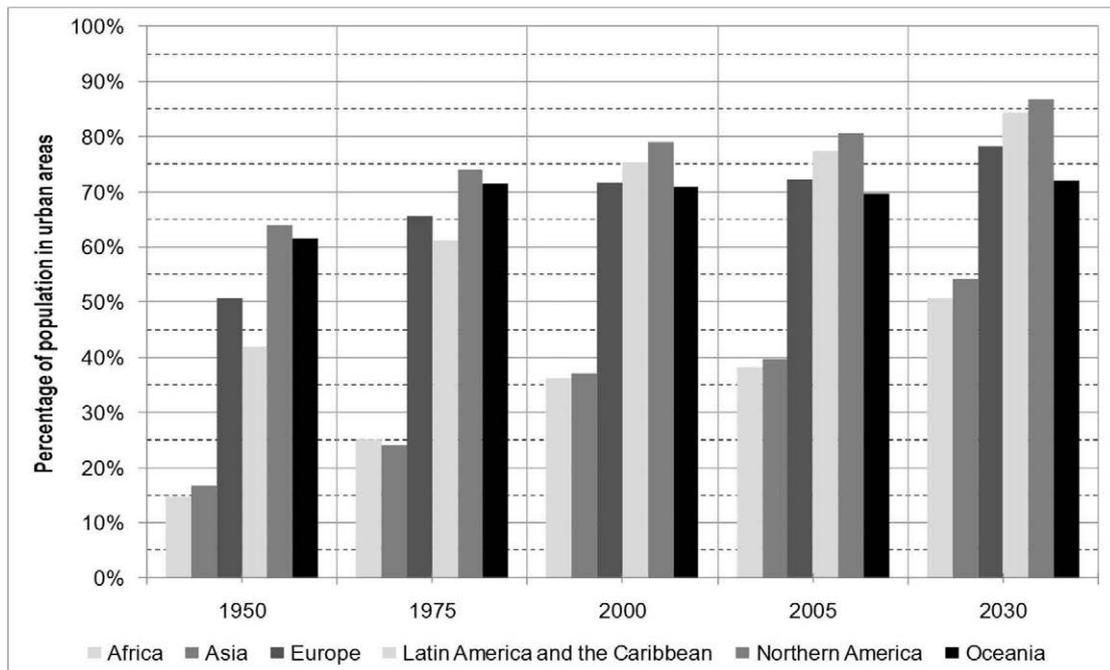
Si inizia così a parlare di sostenibilità e di costruzione sostenibile.

Assistiamo all'ingresso dell'ambiente nell'industria delle costruzioni e ciò si porta dietro inevitabilmente economia e sicurezza.

Anticipando un po' la conclusione, vedremo che questa attenzione all'ambiente porta, come risvolto positivo, a rivolgere l'attenzione verso l'innovazione delle tecniche e della tecnologia nella produzione ad iniziare da quella del calcestruzzo.



Previsioni di crescita della popolazione (fonte: U.S. Census Bureau, International Data Base, December 2008 Update).



Processo di urbanizzazione (fonte: United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division. World Urbanization Prospects: The 2005 Revision).

Aspetti ambientali legati ai materiali

Trattando di costruzioni in calcestruzzo il primo aspetto da esaminare è quello ambientale legato ai materiali componenti il calcestruzzo: cemento, acqua ed aggregati.

La domanda da farsi è se e quanto inquina l'industria delle costruzioni in calcestruzzo ad iniziare dalla produzione di cemento.

Inoltre occorre chiedersi se abbia senso porsi il problema della riduzione dell'inquinamento in questo settore.

La risposta è nella prefazione di Koji Sakai al Bollettino n. 47 della FIB (*Federation International du Beton*) *Environmental design of concrete structures – general principles* (agosto 2008)⁶ dove si legge: «Sebbene sia uno dei più importanti materiali nel settore delle costruzioni, il calcestruzzo produce un impatto ambientale negativo». Tuttavia, prosegue la prefazione, poiché il calcestruzzo non può essere rimpiazzato da altri materiali è necessario continuare a produrlo ed utilizzarlo. È pertanto necessario sfruttare ogni mezzo per ridurre questo impatto.

Questa affermazione, in perfetto stile giapponese come il suo autore, è il segnale che il problema va affrontato e che l'industria delle costruzioni deve farsene carico, come del resto ha già da tempo iniziato a fare. Anche la FIB, a partire dal 2002, ha dedicato al tema ben 5 bollettini tutti strettamente legati alla questione ambientale. Il problema è quindi all'attenzione e se osserviamo alcuni dati ci rendiamo facilmente conto della sua portata.

Cemento

Il primo dato da esaminare è la produzione di cemento, di cui in Tabella IX è riportata la crescita, fino al 2020, distribuita fra le varie parti del mondo. Secondo questa stima l'aumento più significativo si avrà in Asia e nella Russia con incrementi valutati nel 24% e nel 137%, mentre la produzione totale stimata per il 2020 è di $2,132 \times 10^9$ tonnellate di cemento. Questo dato è importante da tener presente perché alla produzione di cemento si associa una rilevante emissione di CO₂. Secondo K. Humphreys and M. Mahasenan⁷ le emissioni variano da 1 kg di CO₂ per kg di cemento degli USA, a 0,77 kg di CO₂ per kg di cemento del Giappone. L'Europa si colloca a 0,83 kg di CO₂ per kg di cemento. Oggi il World Business Council for Sustainable Development (WBCSD) valuta che l'industria del cemento emetta il 5% della quantità di anidride carbonica prodotta dall'uomo a livello mondiale. In UK, che è un modesto consumatore di calcestruzzo rispetto alla popolazione ed alla sua economia (vedi Tabella X), si stima che la produzione di calcestruzzo contribuisca per il 2,5% nell'emissione totale di CO₂. In Italia questo contributo supera il 5,8%.

L'emissione di CO₂ è dovuta a due fattori, il primo, diretto, discende dalla reazione chimica che porta alla formazione di ossido di calcio (CaO) dal carbonato di calcio (CaCO₃), il secondo, indiretto, è conseguente al consumo di energia per raggiungere la temperatura (circa 1.400 °C) necessaria alla produzione del clinker. Come sostiene M. Collepari⁸, in prospettiva futura, una riduzione di CO₂ dovuta alle emissioni dirette può essere realizzata producendo un clinker 'belitico', ovvero più ricco di C₂S e quasi privo di C₃S con il duplice vantaggio di essere cotto ad una temperatura più bassa, con una percentuale minore di calcare nelle materie prime e pertanto minore emissione di CO₂.

Mentre va osservato che l'uso di prodotti riciclati quali farine animali, rifiuti solidi, rottami di copertoni per autovetture, ecc. come combustibili, in luogo di combustibili fossili porta certamente ad un ciclo industriale integrato, virtuoso, nel quale i sottoprodotti o gli scarti di un'industria diventano un prezioso *input* per un'altra, ma non ha alcuna influenza sul carico di CO₂ emessa con i fumi della combustione.

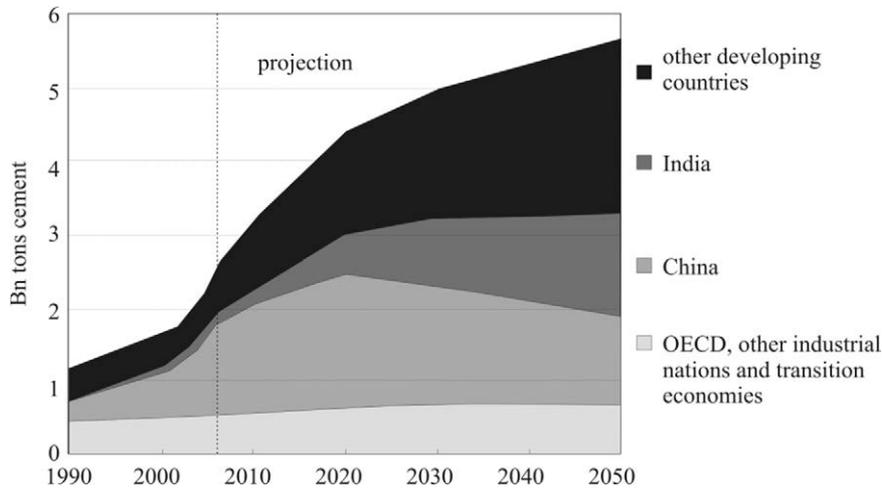
Occorre poi riconoscere che nel processo produttivo del calcestruzzo, dalla cava alla centrale di betonaggio, la fase in cui si sono fatti gli interventi più importanti ed efficaci in favore di uno sviluppo sostenibile è stata la macinazione del clinker con l'aggiunta di altri materiali quali ad esempio la cenere volante, sottoprodotto della combustione di carbone polverizzato nelle centrali termoelettriche, la loppa d'altoforno proveniente dal raffreddamento rapido in acqua della scoria d'alto forno per la produzione d'acciaio ed il fumo di silice, scarto nella produzione del silicio e di leghe metalliche di ferro-silicio.

⁶ *Environmental design of concrete structures – general principles*, Technical Report, Bollettino n. 47 fib.

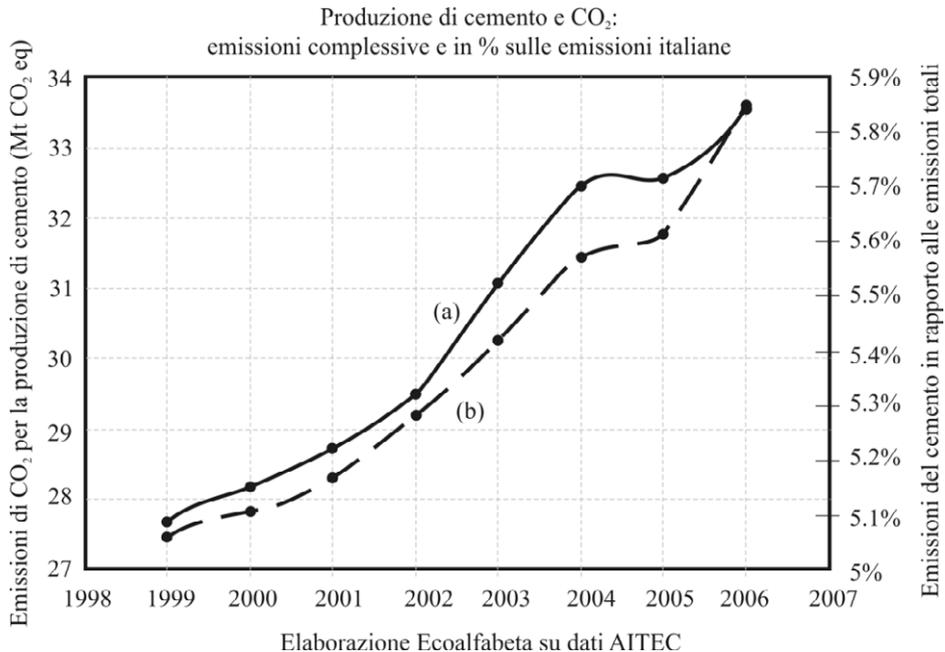
⁷ K. Humphreys, M. Mahasenan, *Toward a Sustainable Cement Industry, Climate Change Sub-Study 8*, World Business Council for Sustainable Development, 2002.

⁸ M. Collepari, *Progresso sostenibile nelle costruzioni in calcestruzzo*, «Enco Journal», 30, anno X, pp. 7-10.

Questi materiali hanno un comportamento pozzolanico e pertanto prendono parte alla reazione di idratazione del cemento. In questo modo si ottiene un vantaggio multiplo, infatti non solo si riduce la quantità di CO₂ emessa durante la cottura di argilla e calcare e si riduce il consumo di materie prime, ma vengono riutilizzati materiali di scarto di altri processi industriali altrimenti destinati ad aumentare l'inquinamento ambientale.



Richiesta di cemento nei vari paesi, con previsione di crescita fino al 2050⁹.



Produzione di cemento ed emissioni di CO₂: (a) emissioni di CO₂ per la produzione di cemento (10⁶ tonnellate); (b) emissioni nella produzione di cemento in rapporto alle emissioni totali.

⁹ The European Cement Association Activity report 2006, <www.cembureau.be>.

Tabella IX – Consumo di cemento nel 2002 e stima nel 2020, in milioni di tonnellate (da: Japan Cement Association 2003).

	Asia	Oceania	Europa	Ex URSS	America	Africa	Totale
2002	1060	11	270	65	215	75	1696
2020	1317	13	290	154	259	99	2132

Tabella X – Consumo di cemento in kg pro capite nel 2007 (dati Cembureau – maggio 2008).

Germania	Italia	Spagna	Gran Bretagna
331	782	1268	239

Naturalmente, con queste varianti, il calcestruzzo, da unico materiale, si trasforma in una famiglia di materiali. Vi è infatti un gran numero di permutazioni che possono essere giocate fra i vari componenti e questo significa che il calcestruzzo può e deve essere progettato a seconda delle applicazioni previste. Quindi non solo progetto della struttura come tradizionalmente siamo abituati a fare ma, in un tutt'uno, progetto del materiale per quella specifica struttura.

Allargando ulteriormente lo sguardo all'efficienza energetica complessiva nella costruzione degli edifici è poi evidente che il progettista deve utilizzare tutte le proprietà peculiari e specifiche del calcestruzzo: resistenza meccanica, inerzia termica, isolamento acustico, flessibilità delle forme, per ottenere una costruzione sempre più sostenibile.

In questo modo possiamo tenere insieme i due pilastri su cui si basa un'attenta politica ambientale:

- riduzione dell'impatto ambientale nella produzione del cemento e nell'emissione di CO₂
- ottimizzazione dell'uso delle risorse naturali, ovvero massimo risparmio delle materie prime e delle risorse energetiche

Infine non va dimenticato che l'aspetto, certamente vantaggioso, dell'inerzia termica del calcestruzzo, che incide positivamente sull'isolamento degli edifici, non è sempre tenuto presente e nella dovuta considerazione quando si valuta il risparmio energetico complessivo nell'industria delle costruzioni.

Nuovo model code

È questa l'impostazione che caratterizza il Nuovo Model Code (di prossima uscita) a cui sta lavorando un gruppo della FIB coordinato da Walraven: una progettazione di struttura e materiale insieme, come sopra ricordato.

Nel passato il calcolo strutturale si è unicamente basato sulla resistenza. Ora forse la resistenza passa quasi in secondo ordine, perché dobbiamo studiare ad esempio un calcestruzzo che abbia una buona sicurezza al fuoco o, in certe condizioni, dobbiamo progettare un calcestruzzo che abbia una grande resistenza contro gli attacchi di solfati. Ora che un grande sviluppo tecnologico è stato raggiunto siamo in grado di progettare calcestruzzi speciali, tutti i tipi di calcestruzzi speciali, e quindi anche il *green concrete* il calcestruzzo verde ossia un calcestruzzo con molto meno cemento, utilizzando scorie d'alto forno, *fly ash*, *silica fume*, come sopra accennato, con una composizione totalmente differente da quella tradizionale che ha il vantaggio di ridurre le emissioni di CO₂. Il Nuovo Model Code apre una porta, importante e moderna, a questo tipo di sviluppo.

Ma il Nuovo Model Code coglie un altro importante aspetto che si lega al contenuto di questa *lectio* e cioè che esso è basato sul concetto di 'ciclo di vita'. Questo concetto introduce la variabile tempo nella progettazione ben oltre l'aspetto della durabilità. In altri termini, non basta più progettare una struttura pensando di avere esaurito il compito al momento della sua realizzazione. È importante seguire la struttura nel tempo prevedendo quando ripararla ed anche quando demolirla e, in questo secondo caso, cosa farne del materiale di risulta. La manutenzione diviene quindi un elemento fondamentale di sostenibilità ambientale.

Ma che cosa è una costruzione sostenibile? È questo il concetto che ora brevemente viene illustrato.

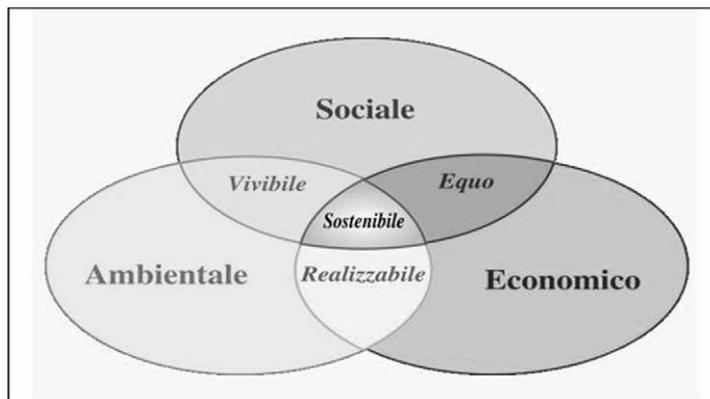
Costruzione sostenibile

Premessa

Abbiamo più volte sottolineato che l'industria delle costruzioni può giocare un ruolo importante per lo sviluppo sostenibile. Occorre naturalmente tenere presente che le strutture dell'ingegneria civile, ai fini della sostenibilità, non vanno considerate alla stregua di prodotti di massa sia perché esse hanno una lunga durata sia perché hanno un ben evidente profilo di pubblica utilità. Occorre però anche rendersi conto che il settore delle costruzioni rappresenta una delle più grandi industrie di tutto il mondo e che esso esercita, come abbiamo già osservato, un impatto pesante sull'ambiente globale poiché le costruzioni sono il principale consumatore di territorio e di materie prime ed il funzionamento degli edifici implica un consumo di energia molto elevato.

Il tradizionale progetto e l'approccio nella valutazione economica di strutture si è basato su tre fattori fondamentali: qualità, costo e tempo. Tuttavia, secondo l'Agenda 21 (Protocollo di Kyoto), nel progetto, nella costruzione, nell'uso e nella fase successiva al ciclo di vita, dovrebbero essere presi in conto i 3 principali pilastri della sostenibilità, cioè gli esiti ambientali, i vincoli economici e gli aspetti socio culturali. Avremo realizzato una costruzione sostenibile quando saranno stati messi in debito conto i seguenti fattori:

- uso di materiali amici dell'ambiente
- efficienza energetica e minimizzazione nel consumo di risorse
- costruzione prima e successiva gestione del materiale di demolizione poi.



I tre pilastri della sostenibilità.

I materiali da costruzione producono, in diversa misura, un impatto ambientale in ogni stadio del ciclo di vita della struttura, come l'estrazione delle materia prime, il processo di lavorazione, la distribuzione, e la messa in opera. Per ridurre questi impatti, la prima cosa da fare è quella di minimizzare la quantità di materiali non riciclati e di evitare sovradimensionamenti.

Ma è altresì evidente che la scelta dei materiali, la concezione della struttura, la costruzione, la manutenzione e la demolizione, incluso il riciclaggio, devono essere stabiliti avendo in mente l'obiettivo di minimizzare l'uso di risorse e di energia, di ridurre le emissioni di gas serra e di altre sostanze rischiose e di controllare la costruzione ed i materiali che si recuperano dalla demolizione.

Il calcestruzzo è una miscela di cemento, acqua ed aggregati. Abbiamo già sottolineato come la produzione di cemento consumi molta energia ed emetta una certa quantità di CO₂, ma anche l'estrazione degli aggregati produce distruzione di ambiente naturale in quanto implica uso del territorio, perdita di eco sistemi, perdita di paesaggio, ecc. Da qui l'interesse ad utilizzare i sotto prodotti industriali e materiali provenienti da demolizioni. Tutto ciò significa costruire con calcestruzzo verde, affidando così a questo materiale un importante ruolo per la costruzione sostenibile.

È stata coniata la nuova parola *environmentality* dalla fusione di: *environment* e *mentality* ossia ambiente e mentalità a sottolineare che nella progettazione strutturale il progettista deve acquisire una

mentalità ambientalista. Per valutare la sostenibilità al fine di ottenere vantaggi in termini di prestazioni ambientali, occorre fissare obiettivi ed indicare in che modo si possano raggiungere. Gli obiettivi naturalmente sono: le risorse, l'energia e le emissioni ed i mezzi stanno nelle parole: riduzione, riuso e riciclo.

I requisiti delle prestazioni ambientali possono riferirsi a scelta dei materiali, metodi costruttivi, procedure di manutenzione, procedure di riciclo, quantità di consumo di energia, limiti di emissione di CO₂, inquinamento dell'acqua, contaminazione del suolo, emissioni di polvere, rumore, vibrazioni, sostanze chimiche, ecc.

Ma qualunque giudizio sulla sostenibilità di una struttura non può prescindere dal costo riferito al suo intero ciclo di vita. Tuttavia, gli aspetti economici, in tutti i documenti che trattano il problema della sostenibilità, compreso il Report FIB n. 47¹⁰, già citato, non sono trattati come un requisito prestazionale poiché essi dovrebbero rappresentare il requisito più importante da tenere presente in un primo stadio e perché essi possono cambiare in dipendenza di altri fattori legati alla particolare destinazione della costruzione.

A questo punto però occorre stabilire a chi spetta fissare i requisiti delle prestazioni ambientali di un'opera anche perché solo così sarà possibile verificare se essi sono stati rispettati. Ma chi decide può evidentemente muoversi sulla base di leggi, di accordi internazionali oppure su particolari intenzioni del Committente.

Il ruolo del committente

È del tutto evidente che spetta al Committente definire il progetto nelle sue dimensioni globali ivi compreso gli aspetti ambientali. Se egli non ha tale sensibilità o un tale obbligo, la probabilità che siano gli altri soggetti coinvolti nel processo costruttivo a farli propri è evidentemente molto bassa. Il Committente potrebbe avere più motivazioni, come:

Soddisfare regolamenti e regole esistenti, ottenere benefici economici a breve od a lungo termine e prestazioni ambientali migliori, al di là delle regole e dei regolamenti e dei vantaggi economici, guidato da una vocazione ideale verso una costruzione sostenibile, oppure infine per migliorare la sua immagine (*marketing*).

Non è da escludere che soluzioni rispettose dell'ambiente possono aumentare i costi di investimento ma parimenti possono fornire economie in una visione di prospettiva nel ciclo di vita.

È importante comunque che il Committente senta la responsabilità di fare almeno una valutazione dei benefici ambientali insieme a quelli economici nella prospettiva dell'intero ciclo di vita della costruzione.

Naturalmente quando si passa dal progetto all'esecuzione è necessario mettere a punto un sistema di gestione ambientale per assicurare il raggiungimento degli obiettivi fissati nel progetto. Si profila così la nascita di una nuova figura professionale con un ruolo importante nel processo costruttivo.

Non sarà sfuggito che negli obiettivi ambientali via via citati vi sono aspetti a diversa scala: scala globale (riscaldamento del pianeta, uso delle risorse ecc), scala regionale (rifiuti a discarica) e scala locale (rumori, vibrazioni, polvere ecc.). Tutti vanno tenuti in debita considerazione. Giungiamo così alla progettazione ambientale.

La progettazione ambientale

Abbiamo già osservato che la progettazione corrente delle strutture in c.a. (cemento armato) è principalmente focalizzata sugli aspetti della resistenza e stabilità e, più recentemente, anche della durabilità, mentre si deve constatare che è totalmente assente il punto di vista ambientale.

È ben noto che nel progetto strutturale la resistenza e la stabilità (sicurezza strutturale) sono verificate da relazioni del tipo

$$S_d \leq R_d$$

dove S_d è la sollecitazione (effetto delle azioni) di progetto e R_d la corrispondente resistenza di progetto, mentre la verifica della durabilità è eseguita mettendo a confronto un determinato processo di degrado con un suo valore limite prestazionale.

¹⁰ *Environmental design of concrete structures – general principles*, cit.

Il progetto della vita di servizio è eseguito considerando la vita di servizio richiesta alla struttura, il piano di manutenzione e di gestione, le condizioni ambientali e la durabilità ed infine l'efficienza economica ritenuta accettabile.

Porsi come obiettivo la riduzione dell'impatto ambientale nel suo aspetto globale e la razionalizzazione nell'uso delle risorse può considerarsi un'operazione concettualmente identica a quella relativa al progetto della resistenza meccanica e stabilità e della durabilità anche se le grandezze a base di queste due verifiche si riferiscono a caratteristiche fisiche, chimiche e meccaniche completamente differenti.

Infatti, mentre il raggiungimento di una condizione di collasso è la situazione limite della resistenza, per la durabilità può essere, ad esempio, il limite di concentrazione di ione cloro la condizione limite perché non si manifesti la corrosione nelle armature, oppure l'entità del ricoprimento determinato dalla velocità con cui la carbonatazione progredisce all'interno del calcestruzzo verso la posizione dell'armatura.

Analogamente nel progetto ambientale di una struttura di calcestruzzo occorre scegliere degli indici ai quali riferire la verifica e fissarne i valori limite. Con riferimento all'ambiente globale certamente un indice su cui oggi sono tutti concordi è la quantità di emissione di gas serra.

Abbiamo visto che l'Italia, aderendo al protocollo di Kyoto, si è impegnata a ridurre del 6,7% rispetto al 1990, le emissioni di gas serra entro il 2010.

Ma se la verifica è condotta con riferimento all'ambiente locale, è noto ad es. che i limiti per il rumore e per l'emissione di sostanze tossiche (nell'aria, nell'acqua o nel suolo) sono fissate da leggi perché legate alla salvaguardia della salute. Anche se i valori di questi indici possono essere discutibili.

Comunque in generale questi limiti possono essere posti dal committente, per legge, dal progettista o da altri soggetti.

Anche se a tutt'oggi non vi sono specifiche da rispettare, né si sono definiti esattamente gli indici ambientali da prendere in considerazione, è tuttavia ugualmente importante mettere a punto una metodologia di progettazione che incorpori questi aspetti.

In altri termini, si può già fin da ora impostare una progettazione strutturale che metta come obiettivo ad es. la riduzione delle emissioni di CO₂.

Naturalmente la stessa cosa può essere fatta con riferimento ad altri indici ambientali.

Nella progettazione così concepita, per migliorare la durabilità e per ridurre la quantità di materiale utilizzato, posso decidere ad es. di impiegare calcestruzzi di elevate prestazioni invece di quelli tradizionali, senza con ciò compromettere naturalmente le prestazioni in termini di Stati Limite Ultimi (SLU) e di Esercizio (SLE) e le prestazioni ambientali.

Ma è evidente che posso altresì indirizzare la progettazione verso un'altra scelta e cioè verso l'impiego di un calcestruzzo ordinario, tradizionale, con l'uso di sottoprodotti industriali. Anche con questa seconda scelta posso soddisfare SLU, SLE, durabilità e prestazioni ambientali.

Sebbene questi due approcci progettuali soddisfino tutte le prestazioni richieste comprese quelle ambientali, essi differiscono completamente dalla progettazione convenzionale in quanto nel progetto è incorporato, per così dire, l'ambiente. Così il 'progetto ambientale' può essere utilizzato come un termine per indicare una nuova concezione del progetto che include appunto il progetto che soddisfa i requisiti imposti dalle prestazioni ambientali.

Riassumendo il progetto ambientale si può sviluppare nelle seguenti fasi:

- *Input* dal Committente
- Scelta dei requisiti prestazionali
- Valori degli indici prestazionali: resistenza e stabilità, durabilità e indici ambientali
- Scelta dei materiali, della forma e delle dimensioni della struttura, delle modalità di esecuzione, del piano di manutenzione e del piano di riciclo.
- Verifiche delle prestazioni strutturali, di durabilità ed ambientali.
- Una volta completato il progetto ambientale si passa all'esecuzione, al controllo e quindi al servizio.

È estremamente importante conservare memoria di tutte le fasi per la comprensione dell'intero progetto e per eseguire la successiva manutenzione. È necessario quindi predisporre una sorta di 'certificato di nascita' dell'opera.

Sul termine ‘prestazione ambientale’, Koji Sakai¹¹ dice che «se un’automobile percorre 20 km/litro possiamo dire che essa ha una prestazione ambientale eccellente, ossia che è amica dell’ambiente».

Allo stesso modo, se la produzione di un certo materiale ha una emissione di CO₂ bassa, possiamo classificare questo materiale fra quelli ad alte prestazioni ambientali. Fra i materiali che contengono sostanze tossiche, quelli a basso contenuto delle medesime sostanze saranno classificati come materiali ad alte prestazioni ambientali. Si può anche dire che una macchina silenziosa o un utilizzo di territorio pianificato in maniera razionale, a basso impatto sulla biodiversità, sono classificati come scelte di eccellenti prestazioni ambientali.

Si deve riconoscere che oggi non vi è una esperienza ed una competenza diffuse fra i progettisti in questa materia.

Ciò può suggerire di procedere in maniera olistica, spezzando cioè la progettazione nelle tre fasi: progettazione strutturale, progettazione della durabilità e progettazione ambientale, anche se questa separazione è, per molti aspetti, alquanto arbitraria. La progettazione strutturale è quella più esplorata e familiare e quindi non diciamo nulla.

Progettazione della durabilità

Sulla progettazione della durabilità vorrei ricordare che il problema è all’attenzione ormai da molti anni. Si è registrata una sempre maggiore attenzione al problema dai nostri DM, ad iniziare dal DM 26 marzo 1980, fino al DM 9 gennaio 1996. Tuttavia è col DM 14 gennaio 2008 che la durabilità viene messa al centro della progettazione strutturale, quale principio fondamentale (Paragrafo 2.1 *Principi fondamentali*).

Vorrei poi ricordare il contributo della Commissione Norme del CNR che, sotto la Presidenza di Pozzati, nella seconda metà degli anni 90, coordinò il Progetto Strategico *Sicurezza e qualità nelle costruzioni civili e meccaniche* per la parte riferita alla durabilità delle costruzioni in c.a. e c.a.p. (cemento armato precompresso).

Sulla durabilità va naturalmente ricordato il più recente contributo AICAP (Associazione Italiana Cemento Armato e Precompresso) con la pubblicazione del bel volume di Pietro Pedefferri, recentemente scomparso, su *La corrosione nel calcestruzzo, fenomenologia, prevenzione, diagnosi, rimedi*.

Inoltre l’AICAP si è fatta promotrice di 2 progetti di ricerca su:

- *Utilizzo della cenere volante per il miglioramento della durabilità delle strutture in c.a. e c.a.p. e per un progresso sostenibile*
- *Vita residua delle strutture in calcestruzzo armato danneggiate dalla corrosione*

Esempi di progettazione ambientale:

Vorrei ora avviarmi alla conclusione, illustrando brevemente 2 esempi di progettazione ambientale ripresi dal Bollettino FIB n. 47¹², che mi paiono particolarmente interessanti per la metodologia utilizzata.

Esempio 1 – Viadotto a telaio in c.a.

Si tratta di un sovrappasso ferroviario in un’area residenziale urbana realizzato con una struttura a telaio in c.a. Il viadotto è a 4 campate di 15,00 m ciascuna per una lunghezza totale 60,00 m.

La soluzione classica prevede una trave di collegamento fra i pali di fondazione e le colonne. Questa trave di fondazione ha la funzione di assorbire le differenze nella capacità portante dei 2 pali e ad assicurare le richieste prestazioni sismiche.

I requisiti prestazionali ambientali prevedono: riduzione del 20% delle emissioni di CO₂; limitazioni di rumore, vibrazioni e di polvere a certi valori prefissati.

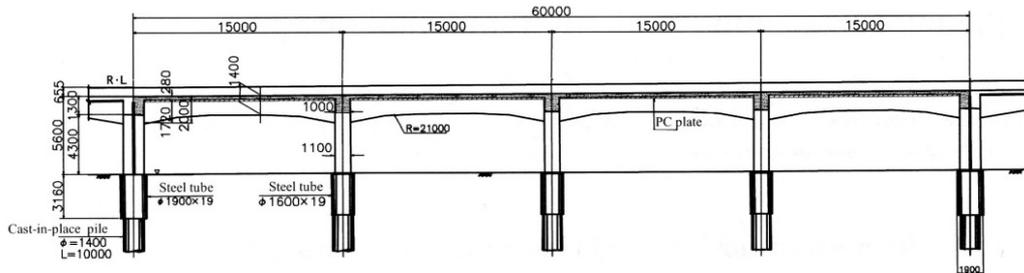
Per soddisfare i requisiti ambientali è stata studiata la soluzione alternativa – senza trave di collegamento – che assicura le prestazioni sismiche, incrementando la capacità portante dei pali di fondazione e rinforzando le unioni tra pali e pile con tubi di acciaio.

¹¹ Koji Sakai, *Environmental Design for Concrete Structures*, «Journal of Advanced Concrete Technology», 3-1, 2005, pp. 17-28.

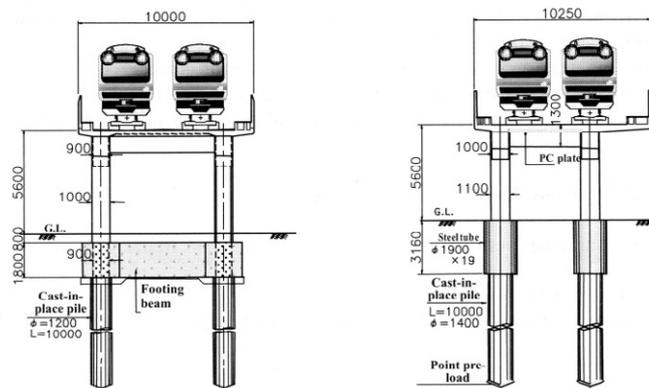
¹² *Environmental design of concrete structures – general principles*, cit.

Per entrambe le soluzioni sono state valutate le emissioni di CO₂ dovute ai materiali, al trasporto e all'esecuzione, riferite a ciascun elemento costruttivo del ponte: travi e pali di fondazione, impalcature, pile, travi di impalcato, solette, ecc. Le emissioni di CO₂ con le travi di collegamento delle teste dei pali di fondazione sono state valutate in 450 t, mentre quelle senza le suddette travi sono state valutate in 320 t, conseguendo così una riduzione complessiva di circa il 28%.

Contemporaneamente la soluzione adottata ha implicato anche una riduzione di impatto su scala locale in termini di congestione di traffico, rumore, vibrazioni ed inquinamento dell'aria.



Esempio 1 – Viadotto ferroviario a telaio in c.a.: sezione longitudinale senza trave di collegamento in fondazione.



Esempio 1 – Sezione trasversale del viadotto ferroviario a telaio in c.a.: soluzione classica con trave di fondazione (a sinistra); soluzione alternativa senza trave di fondazione (destra).

Esempio 2 – Passerella pedonale di 50 m di luce.

Requisito ambientale richiesto: riduzione del 20% di CO₂ rispetto ad una soluzione convenzionale, costituita da una passerella a 3 campate in c.a.p..

La soluzione alternativa studiata e poi adottata è una passerella a campata unica in calcestruzzo ad altissima resistenza SHS (*Super High Strength*), rinforzato con fibre d'acciaio.

Questa soluzione ha consentito di ridurre il peso proprio della passerella, per l'elevata resistenza del calcestruzzo, da 2.780 kN a 560 kN e di conseguenza di ridurre le dimensioni delle fondazioni ed i costi di esecuzione. La maggiore durabilità inoltre ha ridotto i costi di manutenzione.

Con questo esempio si prova che l'uso di calcestruzzo ad altissime prestazioni, oltre ad assicurare i requisiti di sicurezza e durabilità, riduce il carico ambientale. Il risultato è una riduzione di emissione di CO₂ del 25% rispetto alla soluzione classica.

Considerazioni finali

Come si vede, i 2 esempi descritti hanno avuto come obiettivo quello di ridurre l'impatto ambientale.

Nel primo esempio il risultato è stato raggiunto con la eliminazione di una trave di fondazione, mentre nel secondo mediante l'impiego di nuovi materiali. Entrambi gli esempi mostrano come si possa ridurre l'impatto ambientale con scelte adeguate nella fase di concezione dell'opera. È evidente quindi l'utilità, ovvero la razionalità, di aggiungere ai requisiti di resistenza, stabilità e durabilità quello ambientale.

Restano naturalmente aperti ampi spazi di ricerca, sui materiali e sul loro ciclo di vita, sulla concezione strutturale delle opere ed in generale sulla ottimizzazione nei confronti degli indici ambientali.

Oggi sono disponibili *software* adeguati ad analizzare un determinato processo considerando l'intero ciclo di vita di un certo prodotto.

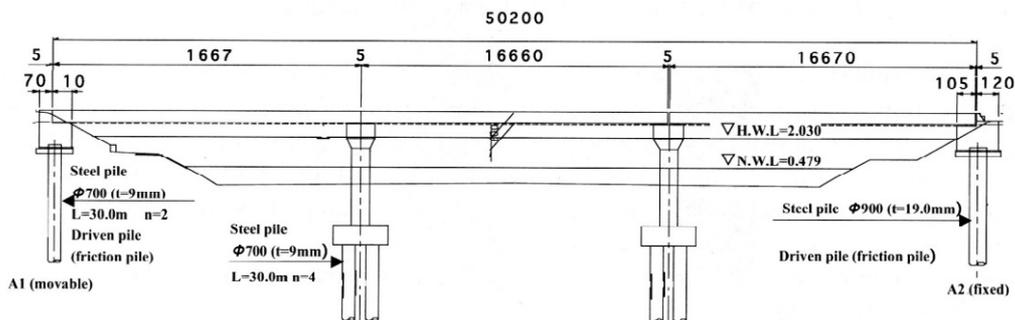
Una tesi di laurea discussa nel mio Dipartimento (Dipartimento di ingegneria civile ed ambientale) ha utilizzato un programma denominato SIMAPRO. Questo *software* è in grado di analizzare un determinato prodotto edilizio, considerando le fasi di costruzione, di esercizio e di dismissione.

Il database di questo *software* contiene tutti i dati necessari al calcolo delle energie di produzione dei materiali impiegati nel processo e degli impatti potenziali associabili ai sotto processi previsti nell'analisi d'inventario.

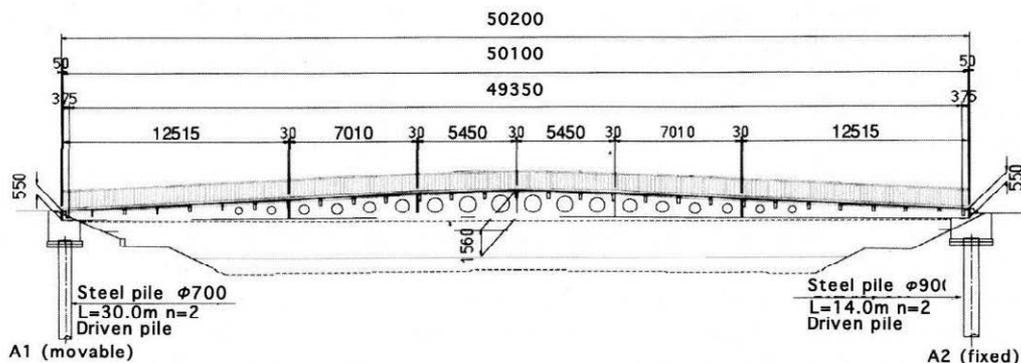
Concludo ricordando che, il 4 luglio 2006, 3 fra le più importanti associazioni americane dell'ingegneria civile – ASCE (American Society of Civil Engineers), ICE (Institution of Civil Engineers), CSCE (Canadian Society for Civil Engineering) – hanno firmato un protocollo che esordisce così:

ASCE, ICE e CSCE ritengono che l'attuale approccio allo sviluppo sia insostenibile. Stiamo consumando le risorse naturali della terra oltre la possibilità di una loro rigenerazione. Questo, insieme con la sicurezza e la stabilità, è il problema più critico che sta dinanzi alla nostra professione ed alle associazioni che rappresentiamo.

Lo sviluppo sostenibile deve costituire il cuore della nostra pratica professionale.



Esempio 2 – Passerella pedonale: soluzione convenzionale in c.a.p..



Esempio 2 – Passerella pedonale: soluzione alternativa in SHS (*Super High Strength*).



UN CONTRIBUTO PER LA CRESCITA DELLA RICERCA ELETTRONICA A FIRENZE

*Carlo Atzeni**Lectio magistralis* tenuta il 10 novembre 2011

Nel 1971 veniva istituita a Firenze la Facoltà di Ingegneria: era l'unica Facoltà che ancora mancava al vasto panorama della cultura fiorentina. Prima di allora, dopo un biennio in comune coi fisici e i matematici, gli aspiranti ingegneri fiorentini si trasferivano a Pisa, a Bologna, a Milano. Da tempo la richiesta di una Facoltà di Ingegneria a Firenze era stata avanzata, e finalmente l'aspirazione di tanti giovani veniva soddisfatta. La sede fu subito questa di Santa Marta, appartenente allora alla Curia, ma non tutta: l'ala sinistra ospitò per vari anni una Scuola media, e un edificio esterno lungo la cinta su via Rossi ospitò per molti anni un forno: di qui il Laboratorio didattico realizzato negli anni novanta in quei locali è conosciuto appunto come Laboratorio 'ex-forno'.

Partecipare alla fondazione di una nuova Facoltà – per giunta così importante – è un'occasione unica ed emozionante. In questa memoria ovviamente mi riferirò solo al caso dell'elettronica e solo ai casi nei quali sono stato tra i protagonisti.

L'elettronica fiorentina non nasceva dal nulla. Esisteva da vent'anni a Firenze la scuola del prof. Nello Carrara e del suo Centro Microonde del CNR da lui fondato, divenuto più tardi Istituto di Ricerca sulle Onde Elettromagnetiche (IROE), e oggi Istituto di Fisica Applicata 'Nello Carrara' (IFAC).

Nello Carrara è stato tra i maggiori sostenitori della fondazione della Facoltà fiorentina. Ricordiamo che nel 1980 la Facoltà lo ha proclamato – lui fisico laureato alla Normale di Pisa insieme ad Enrico Fermi – dottore *honoris causa* in Ingegneria Elettronica.

Sotto la direzione di Carrara era nata una importante realtà di ricerche di elettronica, elettromagnetismo e informatica (l'informatica di allora) con particolare applicazione allo sviluppo di sistemi radar, di telecomunicazione e alla ricerca spaziale.

Io ho avuto la fortuna di avere Carrara come mio maestro: con lui mi laureavo nel lontano 1965, e sotto la sua direzione ho svolto le mie prime ricerche. E ho poi avuto la fortuna di entrare nel 1971 nella nuova Facoltà di Ingegneria come professore incaricato. Più tardi, nel 1980, diventavo professore ordinario di Elettronica. Pochi sanno che in realtà ho vinto contemporaneamente due cattedre: Elettronica e Telecomunicazioni. Se mi concedete questa piccola vanità, credo di essere l'unico in Italia ad essere riuscito con gli stessi lavori a vincere una cattedra in due importanti discipline. Costretto a scegliere, optai per Elettronica. Tuttavia, mi è rimasta sempre questa passione per i sistemi elettronici che servono, essenzialmente, a comunicare.

Devo ricordare per i più giovani che il nucleo costitutivo dell'ingegneria elettronica a Firenze nasceva in gran parte dalla scuola dell'IROE: Vito Cappellini, coi suoi giovani discepoli Enrico Del Re e Giuliano Benelli (oggi ordinario a Siena); Leonardo Masotti; Gianfranco Manes; Pierfranco Pellegrini, oggi in pensione; Luciano Mezzani e Luigi Millanta, che non sono più con noi. Da Padova venivano poi il prof. Giuseppe Francini, membro del comitato costitutivo della Facoltà e primo preside di Ingegneria, e Antonio Zanini, che introdussero un filone di ricerca in bioingegneria, ancor oggi molto attivo. Non voglio ovviamente disconoscere l'importanza del contributo pisano, portato dai proff. Mario Calamia e Antonino Liberatore e dai giovani Dino Giuli, Roberto Tiberio, Guido Biffi Gentili e, più tardi, Giuseppe Pelosi; se

non ne parlerò è perché lo conosco meno, essendo più legato al settore dell'elettromagnetismo. Infine, voglio ricordare la scuola di matematica rappresentata dal prof. Gaetano Villari, che fu anche preside, e si preoccupò di specializzare l'insegnamento dell'analisi matematica alle esigenze e finalità dell'ingegneria. Su questi nomi veniva fondata la didattica e la ricerca della ingegneria fiorentina.

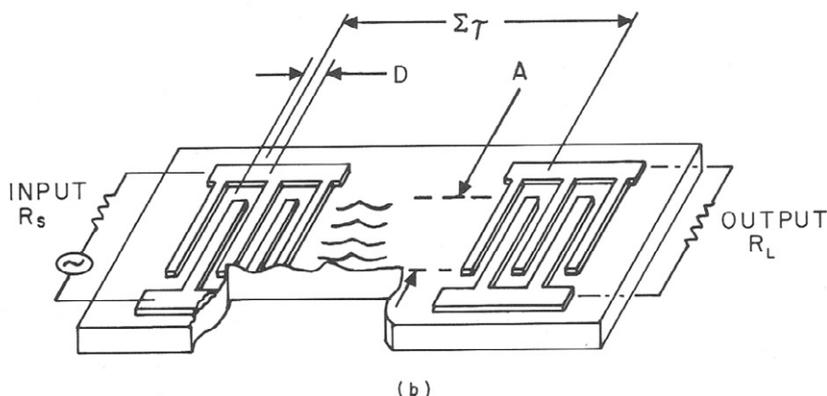
Parlando di questi anni, non posso non farmi sommergere da un'ondata di ricordi. In particolare, ho viva in mente la stanzetta dell'IROE in cui stavamo in tre: io, Leonardo Masotti e Gianfranco Manes, che non apparteneva al CNR e ci aveva raggiunto qualche anno più tardi, presto portando una ventata di nuove idee e iniziative. Ricordo questo anche perché per vari anni dopo la fondazione di Ingegneria, le tesi sperimentali di elettronica venivano svolte presso l'IROE; e molti studenti hanno lavorato lì con noi. In particolare non posso non ricordare il giovane Piero Tortoli, che si laureò con me e con Manes nel 1978 con una bella tesi sull'impiego di filtri a onde acustiche superficiali (*Surface Acoustic Waves*, SAW) e dispositivi ad accoppiamento di carica (CCD) per l'analisi in frequenza di segnali. I filtri SAW sono stati il primo vasto tema nel quale la ricerca elettronica fiorentina ha assunto un vero rilievo internazionale. Oggi sono in gran parte soppiantati dai loro equivalenti digitali: ma allora costituirono un campo di grande interesse applicativo, in particolare nel campo radar e spaziale e dettero luogo ad una attività di ricerca ed industriale in tutti i principali paesi, dagli Stati Uniti al Giappone.

Per i più giovani, ricorderò brevemente di cosa si tratta.

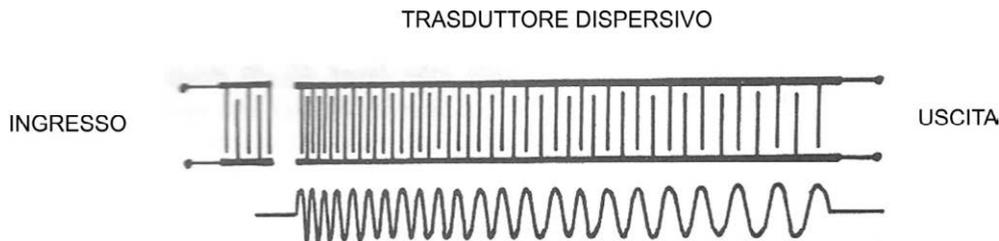
I SAW sono onde ultrasoniche che si propagano lungo la superficie di materiali piezoelettrici, generate o ricevute da trasduttori 'interdigitali', cioè due pettini di elettrodi metallici interallacciati, fotoincisi sulla superficie del substrato. Un segnale elettrico applicato agli elettrodi di ingresso genera una deformazione elastica che si propaga lungo la superficie; reciprocamente, l'onda elastica, raggiungendo il trasduttore di uscita, è rivelata come segnale elettrico. La spaziatura dei denti interdigitali deve essere sincrona con la lunghezza d'onda del segnale alla velocità di propagazione superficiale.

Si tratta dunque di una linea di ritardo, ma con due importanti gradi di libertà dovuti alla struttura planare: la frequenza del segnale può essere variata cambiando l'interdistanza degli elettrodi interdigitali, mentre l'ampiezza può essere pesata variando la loro lunghezza. Risulta così che un segnale a modulazione di frequenza può essere realizzato variando la spaziatura degli elettrodi in misura sincrona alla variazione della lunghezza d'onda; un filtro passa banda può essere realizzato attraverso un profilo della lunghezza degli elettrodi avente la forma di un $\sin x/x$, cioè della sua risposta impulsiva.

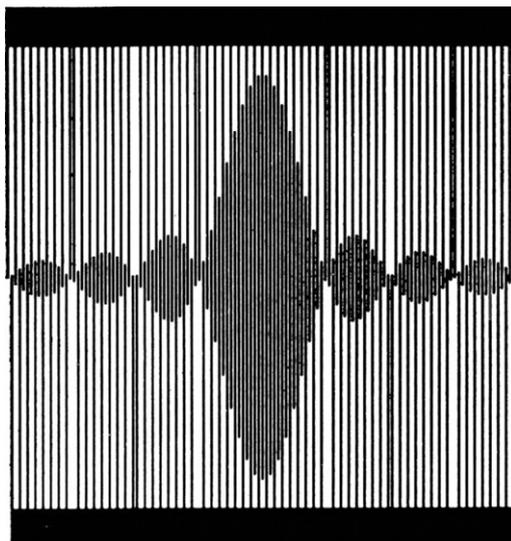
Queste strutture si ottenevano attraverso il disegno di maschere interdigitali, il cui profilo riproduceva la risposta impulsiva del filtro desiderato, riportate sul substrato piezoelettrico attraverso un processo fotolitografico, con tecnologie analoghe a quelle impiegate per i circuiti integrati. È impossibile ricordare qui tutte le configurazioni di elaborazione rese possibili da questa innovativa tecnologia planare. Ricorderò solo una varietà di filtri di banda per radar e telecomunicazioni e i filtri a modulazione lineare di frequenza (noti come *chirp*) per la tecnica radar nota come 'compressione di impulso'.



Linea di ritardo SAW (*Surface Acoustic Waves*).



Schema di trasduttore SAW per modulazione di frequenza lineare.



Maschera interdigitale SAW per filtro passa-banda.

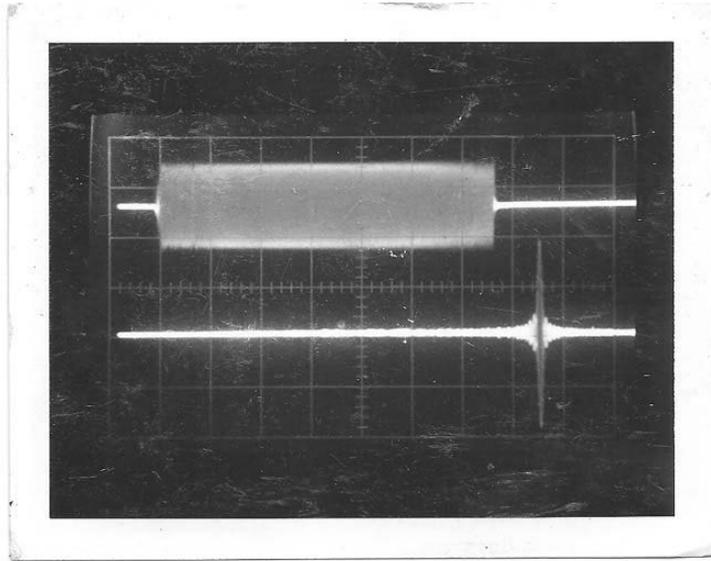
Negli anni '70 il gruppo di elettronici di Firenze fu tra i primi in campo internazionale ad introdurre una serie di aspetti innovativi nella progettazione dei filtri SAW: talché in numerose pubblicazioni scientifiche e libri americani ed europei i lavori fiorentini sono ampiamente citati. Addirittura – mi si permetta la piccola vanità – la riproduzione del nostro primo filtro passa-banda è stata riportata sulla copertina di un'importante opera sui SAW scritta da uno dei massimi esperti americani dell'Università di Stanford. Sono particolarmente orgoglioso di questa copertina, perché tra le migliaia di lavori scientifici sviluppati in tutto il mondo il prof. Kino, autorità riconosciuta della prestigiosa Università di Stanford, è andato a scegliere il risultato della piccola lontana Università di Firenze.

Intorno alla fine degli anni '70 era nato un nuovo affascinante interesse di ricerca: si affacciavano infatti i primi strumenti clinici basati sulla ecografia ad ultrasuoni. Oggi l'ecografia rappresenta uno strumento diagnostico di comune impiego in quasi tutte le branche della medicina ed ha raggiunto una capacità di *imaging* eccezionale: basta pensare alle incredibili immagini dei bambini nel seno materno o alle visioni dinamiche del cuore. Gli esempi recenti che si possono apprezzare nelle immagini seguenti sono dovuti alla cortesia della Società ESAOTE, oggi leader europeo dell'ecografia a ultrasuoni, industria con la quale la storia dell'ingegneria di Firenze è strettamente intrecciata.

Avendo esperienza di sistemi radar (il radar è un particolare ecografo) e di ultrasuoni fu quasi naturale spostare la curiosità scientifica verso il nuovo campo applicativo. Il nuovo interesse fu favorito dalla partecipazione dell'Università di Firenze a ben due successivi progetti finalizzati del CNR sulle tecnologie biomediche, dei quali l'ecografia ad ultrasuoni era una parte rilevante. A Firenze in particolare era impegnata nello sviluppo degli ultrasuoni in medicina la OTE Biomedica, come si chiamava allora.

Ma mi piace ricordare in particolare l'avventura vissuta insieme al prof. Manes nel secondo progetto finalizzato. Era successo che, intorno al 1980, il gruppo Ansaldo di Genova aveva deciso di entrare sul mercato dell'ecografia ad ultrasuoni. La cosa suonò ben strana, tenuto conto che l'Ansaldo era nota per i suoi

cantieri navali e non aveva alcuna attività né nel campo dell'elettronica né nel campo biomedico. Ebbene, fu fondata la Ansaldo Elettronica Biomedica e furono assunti inizialmente solo tre ingegneri che non sapevano niente di ecografia ad ultrasuoni: a noi fu affidato il compito di fare loro scuola e guidarli negli aspetti progettuali dei nuovi ecografi. Furono anni entusiasmanti per la importanza del compito. Negli anni successivi la nuova azienda cambiò denominazione in ESACONTROL. Ma la fine della storia fu che ESACONTROL acquisì il controllo della OTE Biomedica di Firenze, che aveva per suo conto sviluppato strumenti avanzati, e così ebbe origine la ESAOTE, con le due sedi a Genova e a Firenze, che oggi, come ho ricordato, è la prima azienda europea nel campo degli ultrasuoni in medicina e vende i suoi strumenti in tutto il mondo.



Compressione di impulso radar: il lungo segnale in alto viene compresso dal filtro SAW nell'impulso in basso.



Immagine ecografica di un feto [per cortesia di ESAOTE].



Immagine ecografica del cuore [per cortesia di ESAOTE].

Mi piace ricordare alcune delle realizzazioni di quegli anni. Una tra le ricerche più avanzate fu un sistema di focalizzazione ‘dinamica’ del fascio ultrasonico generato dalle sonde per scansione elettronica lineare o settoriale. Il prof. Manes ideò un ingegnoso sistema secondo il quale l’equalizzazione dei ritardi richiesta dalla focalizzazione veniva ottenuta in maniera sincrona con la profondità di esplorazione, cioè il fuoco del fascio si spostava con la profondità. Il risultato sulla qualità delle immagini fu notevole. Si pensi che nello stesso periodo il gigante Hewlett Packard, che produceva ecografi ad ultrasuoni, aveva introdotto un sistema molto simile.

Ma l’attività più estesa fu dedicata allo sviluppo di strumenti per la misura della velocità di flusso del sangue nel sistema circolatorio. La velocità del sangue nelle arterie (carotide, femorale,...) genera uno spostamento di frequenza Doppler del segnale ultrasonico, la rivelazione del quale fornisce informazioni diagnostiche importanti. La misura Doppler fornisce tracciati tipici della variazione di velocità, la cui alterazione può rivelare gravi disfunzioni della circolazione, in particolare dovute alla ostruzione aterosclerotica del lume.

A queste ricerche si dedicò in particolare il prof. Tortoli, che le ha proseguite fino ad oggi, divenendo uno dei riconosciuti esperti internazionali di questa branca. Tortoli introdusse il sistema *multigate*, secondo il quale la risposta del flusso attraverso la sezione del vaso veniva suddivisa in una successione di *gate* di distanza adiacenti (fino a 512) così da ottenere un profilo dettagliato della velocità istantanea di flusso. Inutile sottolineare l’importanza diagnostica di tale innovazione. A quel tempo non esisteva ancora la FFT (*Fast Fourier Transform*) digitale, con la quale la frequenza Doppler può essere direttamente rilevata con grande accuratezza e velocità. Mi piace ricordare perciò che, ben prima che FFT digitali sufficientemente veloci divenissero disponibili, il prof. Tortoli sviluppò un ingegnoso sistema che utilizzava una tecnica di trasformazione di Fourier basata sui filtri *chirp* SAW, ottenendo le prime immagini del profilo istantaneo del flusso nella carotide, eccezionali per l’epoca (1985).

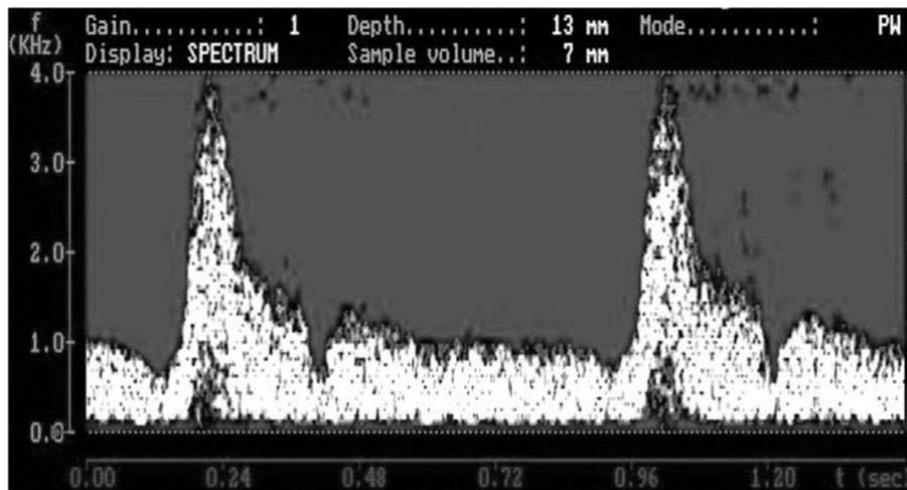
Oggi ESAOTE ha introdotto la tecnica sviluppata da Tortoli nei suoi ecografi, realizzando così un netto vantaggio della tecnologia italiana, anzi fiorentina.

Alla metà degli anni ’80 iniziò la collaborazione con la SMA (Segnalamento Marittimo e Aereo) di Firenze. I più giovani non ne hanno mai sentito parlare, perché non esiste più. SMA era una splendida industria di più di 500 persone, più della metà ingegneri, e un magnifico stabilimento sulle colline di Soffiano a Firenze. La sua fondazione risale alle ricerche sul radar del prof. Carrara, che della SMA fu per lunghi anni presidente. Produceva prevalentemente radar per la Marina Militare, ma negli anni ’80 il suo amministratore, l’ing. Sergio Bertini, stava guidando l’azienda verso lo sviluppo di una produzione civile: basti citare per questo il progetto di un radar anticollisione per auto, promosso in collaborazione col Centro Ricerche FIAT. Il progetto arrivò fino al prototipo operativo, e si prevedeva già una prima produzione di

serie. Ricordo con emozione le prove fatte su strada usando questo sistema di assoluta avanguardia: eravamo nel 1990 circa, e solo oggi, vent'anni più tardi, il radar anticollisione è entrato in molti modelli evoluti di auto. Ebbene io e il prof. Manes siamo divenuti stretti collaboratori scientifici di SMA, partecipando ai suoi progetti di innovazione. A tal punto che alla metà degli anni '80 partecipammo con SMA alla fondazione di una nuova azienda a Firenze destinata alla progettazione e produzione tecnologica di componenti a microonde e di dispositivi SAW, la MICREL, della cui organizzazione scientifica eravamo responsabili. La MICREL fu dotata delle avanzate attrezzature necessarie per la fabbricazione di componenti microelettronici in film sottile: camere bianche, generatori ottici di maschere di alta precisione, strumenti per la fotolitografia, il *bonding*, la microscopia, per un investimento di qualche miliardo di lire.



Fascio ultrasonico a focalizzazione dinamica (a sinistra) vs esempi di fasci a fuoco singolo.



Esempio di tracciato ecografico Doppler.

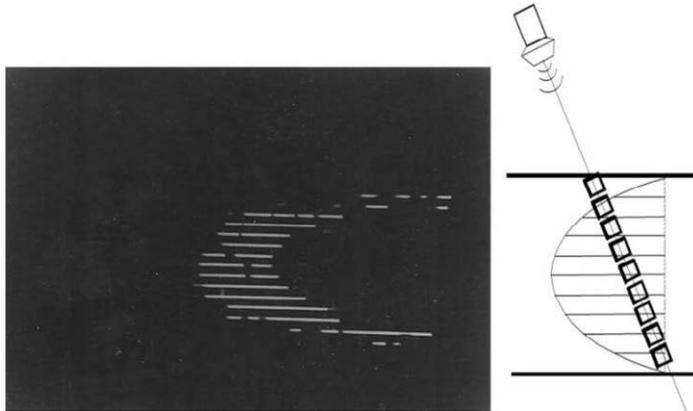


Immagine Doppler *multigate* ottenuta con analisi spettrale Chirp SAW (1985).

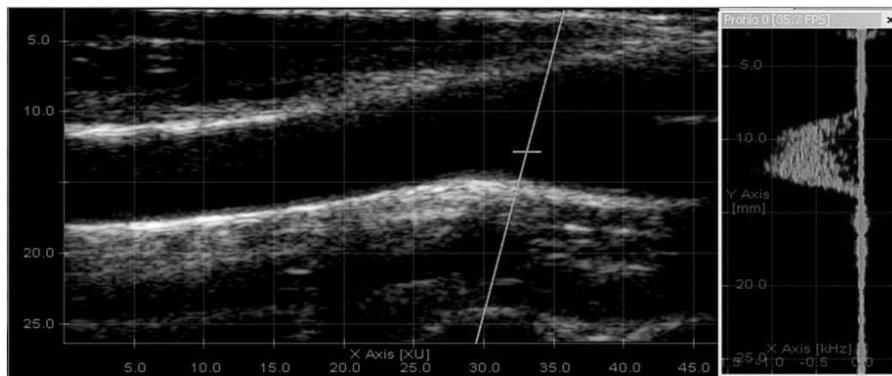


Immagine dinamica Doppler *multigate* [per cortesia di Piero Tortoli].

La SMA, così come la Galileo, la Breda, l'OTO Melara, l'Agusta e varie altre aziende italiane, faceva capo ad un ente di Stato, l'EFIM (Ente Partecipazioni e Finanziamento Industrie Manifatturiere), che conviveva con l'altro grande ente di Stato, la Finmeccanica: ebbene, motivi di razionalizzazione portarono nel 1994 a decretare la sua soppressione. La maggioranza delle aziende EFIM confluirono in Finmeccanica: SMA e Micrel furono inglobate in Galileo, ma molte attività furono soppresse e molti dipendenti preferirono andare in pensione. Simbolo di questo disastro fu la fine del radar anticollisione: mi hanno raccontato che i prototipi sono finiti dimenticati in fondo a un armadio, ponendo fine ad un ambizioso progetto di riconversione industriale.

Con l'istituzione anche in Italia del dottorato di ricerca, collaborammo inizialmente ad un dottorato in bioingegneria, con sede amministrativa a Bologna. A questo dottorato Firenze partecipò per vari anni, formando giovani che hanno dato impulso alle nostre attività di ricerca sugli ultrasuoni in medicina e alcuni dei quali alimentano oggi i laboratori di ricerca dell'ESAOTE. Voglio qui ricordare in particolare Gabriele Guidi, che, dopo il dottorato, è stato per molti anni ricercatore presso il nostro dipartimento ed è oggi professore al Politecnico di Milano. Poi nel 1995 fu inaugurato il nuovo dottorato fiorentino in Ingegneria dei Sistemi elettronici, che nacque per mia volontà come consorzio tra le Università di Firenze, Pisa e Siena e aveva l'ambizione di costituire un grande dottorato della Toscana. Da allora fino ad oggi esso ha formato decine di dottori di ricerca, alcuni dei quali sono oggi docenti o ricercatori, altri lavorano in industrie elettroniche anche all'estero.

Lasciatemi sottolineare l'impatto che l'istituzione dei dottorati ha avuto sulla ricerca italiana. L'università è stata arricchita dalla selezione di molti tra i giovani migliori, che spesso per molti anni hanno continuato il loro lavoro di ricerca per pura passione, anche senza speranza di acquisire una posizione stabile. Oggi un numero di dottorandi e di assegnisti che supera quello del personale 'di ruolo' ha permesso di impiantare ricerche di ampio respiro, con finanziamenti adeguati sia nazionali che europei.

Un esempio di come una adeguata combinazione di finanziamenti, di personale e di organizzazione possa dar luogo in poco tempo a risultati importanti è affidato agli ultimi anni del mio quarantennio. Nel 2000 sono stato responsabile del progetto PARNASO, varato dal Ministero della Ricerca in associazione col Ministero dei Beni Culturali e Ambientali, che promuoveva la collaborazione dell'Università di Firenze con industrie, tra le quali voglio ricordare la IDS di Pisa, e la ISMES di Milano, industria dell'ENEL, e due piccole aziende fiorentine. Obiettivo del progetto era lo sviluppo di nuove tecnologie di monitoraggio dell'ambiente e dei beni culturali. Cinque miliardi di lire di finanziamento (dei quali uno all'Università di Firenze), una scuola tematica, borse di studio per la durata del progetto furono le condizioni che permisero di puntare a risultati importanti. Brevemente, da questo progetto è nato il Laboratorio di Tecnologie per l'Ambiente e i Beni Culturali, con le sue realizzazioni di rilievo: in dieci anni oltre cinquanta pubblicazioni su riviste internazionali e altrettante in convegni; ma soprattutto, l'introduzione di nuovi strumenti radar, basati sul principio dell'interferometria (o olografia) a microonde e sull'elaborazione digitale delle immagini, che hanno permesso il monitoraggio a grande distanza di movimenti franosi, di ghiacciai, di subsidenze del terreno.

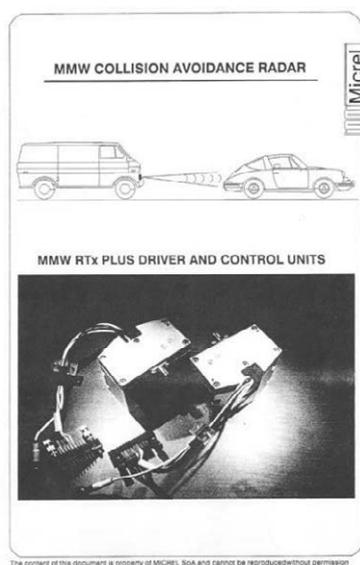
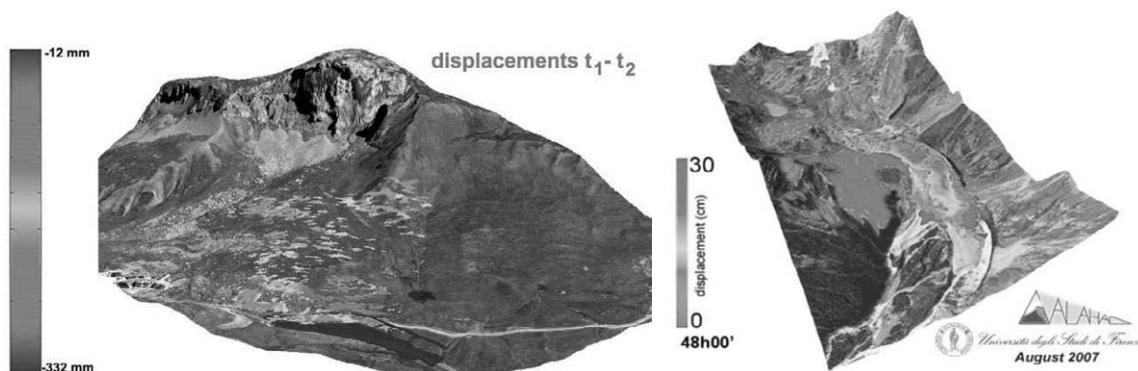


Illustrazione schematica del radar anticollisione.



Monitoraggio della frana di Formigal in Spagna (a sinistra) e del ghiacciaio di Macugnaga sul Monte Rosa (a destra): gli spostamenti della frana sono rappresentati in codice colore.

In queste ricerche debbo sottolineare il contributo determinante del prof. Massimiliano Pieraccini, che mi ha affiancato in questi anni, e il prezioso contributo di tanti collaboratori che, dopo il dottorato di ricerca, sono rimasti con passione a sviluppare queste attività e le fantastiche campagne di sperimentazione

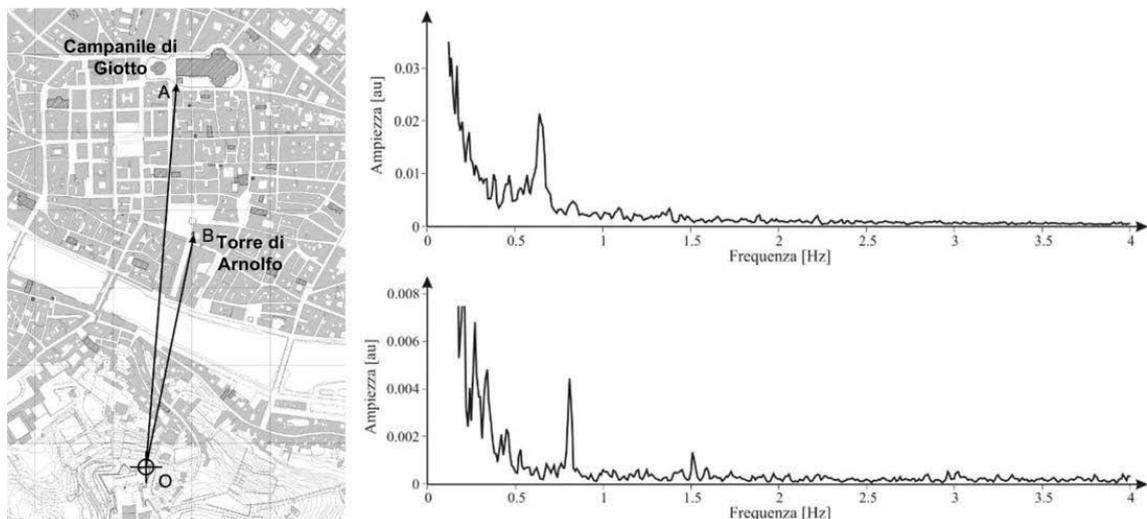
Una seconda versione ad alto frame rate del radar interferometrico permette di acquisire da lontano le immagini delle oscillazioni di una grande struttura e la misura delle relative frequenze di risonanza. Si tratta quindi di un nuovo strumento per il controllo della stabilità delle strutture, con l'importante innovazione di poter operare 'in remoto'. Questo strumento è stato impiegato nel campo dei beni culturali, nel monitoraggio remoto della Torre di Giotto, della Torre di Arnolfo, del Battistero di Firenze, della Torre Pendente di Pisa.

I radar interferometrici sono oggi prodotti industrialmente della società IDS di Pisa e sono venduti in tutto il mondo per applicazioni il cui fine principale è la sicurezza delle persone e delle strutture: in particolare voglio ricordare il successo di questi strumenti nel monitoraggio delle miniere a cielo aperto.

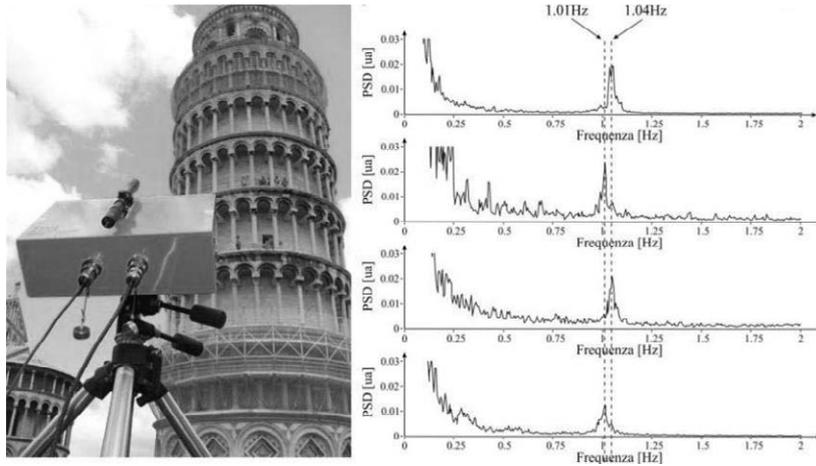
E, infine, vorrei ricordare le prime esperienze italiane di acquisizione digitale tridimensionale di capolavori statuari mediante Laser scanner: dalla prima esperienza nel 2000 sulla Maddalena di Donatello nel Museo dell'Opera del Duomo a quella del David di Donatello nel Museo del Bargello. E in queste ricerche vorrei ricordare il contributo unico di Gabriele Guidi, che continua a Milano l'opera iniziata a Firenze.

Vorrei anche ricordare le molteplici applicazioni dello strumento nell'ingegneria civile, come nel collaudo e nel controllo dei ponti. Un esempio è mostrato di seguito col monitoraggio di un viadotto autostradale in Cadore.

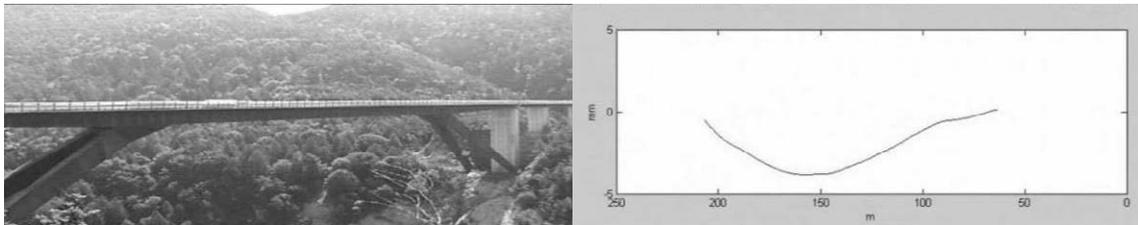
Bene: sono passati quarant'anni e la Facoltà è cresciuta. Chi scrive ha avuto il privilegio di partecipare alla sua nascita e alla sua crescita, e di aver fatto quanto possibile per contribuirvi, con molta umiltà e molta determinazione. Oggi che l'età mi costringe a lasciare è per me un momento di grande malinconia, ma anche di grande orgoglio. Mi è capitato varie volte di essere fermato per la strada da un ex-studente, di cui non ricordavo né il nome né il volto, ma che mi diceva di ricordare ancora le mie lezioni. Credo che quella di lasciare una scintilla nel cuore degli studenti a distanza di anni sia la più grande soddisfazione di un professore.



Monitoraggio delle frequenze di risonanza delle torri di Firenze misurate da Forte Belvedere.



Monitoraggio delle due frequenze di risonanza della Torre Pendente di Pisa.



Deformazione del viadotto al passaggio di un mezzo pesante.



Immagine digitale del David di Donatello del Museo del Bargello a Firenze.



IMMAGINI E COMUNICAZIONI DIGITALI

Vito Cappellini

Lectio magistralis tenuta il 29 ottobre 2010

Il mio modello di ingegnere è Leonardo da Vinci. Certo Leonardo era ed è un sommo artista, scienziato, architetto, anatomista... Ma certamente anche un ingegnere!

Leonardo ha creato immagini scientifiche ed artistiche in tutti i settori delle attività umane del Rinascimento.

Le immagini sono diventate sempre più importanti negli ultimi anni nella attuale vita moderna: medicina, ambiente, automazione industriale, robotica, sorveglianza, beni culturali, formazione. In particolare sono state sviluppate tecnologie innovative digitali, per l'acquisizione numerica delle immagini (immagini digitali) e la loro elaborazione anche con algoritmi molto complessi.

Come riferimento storico, alla fine degli anni '90 fu realizzato in Europa, con la collaborazione attiva del Dipartimento di Ingegneria Elettronica dell'Università di Firenze, nel progetto europeo MUSA, il VASARI SCANNER, un sistema prototipale di acquisizione ad elevatissima risoluzione spaziale (oltre 20.000×20.000 pixel) ed uso di 7 filtri ottici per ottenere 7 bande spettrali.

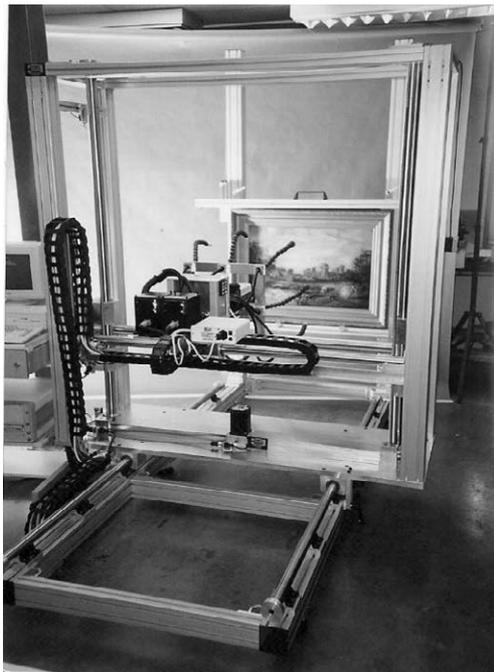
Il sistema fu installato nel Dipartimento Tecnologie Avanzate della Galleria degli Uffizi, per effettuare sperimentazioni di acquisizione digitale di opere della Galleria stessa.

Nella elaborazione delle immagini, metodi e algoritmi importanti sono:

- miglioramento di qualità;
- estrazione di contorni;
- trasformate numeriche (Fourier, Hadamard, Haar, ecc.);
- riduzione della quantità dei dati (compressione);
- riconoscimento di forme (*pattern recognition*).



Il famoso autoritratto di Leonardo da Vinci.



Sistema di acquisizione delle immagini digitali per i beni culturali VASARI – SCANNER.

Le immagini digitali rivestono un ruolo fondamentale nelle indagini sul territorio e sul mare e relativa sorveglianza. In particolare con le immagini da aereo e da satellite, opportunamente elaborate, si possono individuare le risorse del territorio e lo stato di inquinamento.

Nella medicina le immagini sono ormai di routine: TAC (tomografia assiale computerizzata), ecografie, termografie, medicina nucleare, NMR (*Nuclear Magnetic Resonance*) e altro ancora.

Nei beni culturali le immagini digitali sono molto importanti per rappresentare le opere d'arte e conservarne in modo sicuro i dati digitali (archivi digitali).

Abbiamo acquisito digitalmente una delle opere più famose di Leonardo, l'Annunciazione, esposta nella Galleria degli Uffizi, a media, grande e altissima risoluzione – insieme a tante altre opere del Polo Museale Fiorentino – con il *team* di MICC-DET (*Media Integration and Communication Center* – Dipartimento di Elettronica e Telecomunicazioni) dell'Università di Firenze, Hitachi Ltd. e Centrica Srl, con l'approvazione e supervisione del Soprintendente Cristina Acidini, creando un 'archivio digitale di eccellenza' delle opere stesse.

Ma anche per collegarci subito all'altro tema, altrettanto importante, delle comunicazioni digitali, occorre fare almeno un rapido cenno alla *Teoria dell'Informazione*, che nel 1948 Claude E. Shannon ha mirabilmente esposto per la prima volta.

Peraltro con questa teoria si può interpretare in modo più oggettivo le stesse immagini digitali e misurarne la quantità di informazione. Nasce così il *bit*, *binary unit*: un *bit* corrisponde alla informazione fornita da due eventi equiprobabili (testa o croce della moneta lanciata in aria).

Le immagini sono acquisibili – come in parte già mostrato – ad elevatissima qualità, anche oltre 100.000×100.000 pixel, superando la stessa fotografia analogica. Le immagini contengono quindi una enorme quantità di informazioni – come misurabile con la teoria di Shannon – e permettono di comunicare messaggi anche molto complessi.

Il nostro cervello ha una significativa parte di esso dedicata alla acquisizione delle immagini (dai nostri occhi) ed alla loro elaborazione che in gran parte è automatica. Ad esempio, senza accorgersene o rifletterci, ognuno di noi estrae continuamente dagli oggetti che vede i contorni. È una specie di *identikit* che poi immagazziniamo nella nostra memoria neuro-plastica e dinamica, in particolare per riconoscere dopo anni una determinata persona.



Fase di acquisizione digitale della Annunciazione di Leonardo da Vinci nella Galleria degli Uffizi (per cortesia del Ministero per i Beni e le Attività Culturali).



Immagine digitale della Annunciazione di Leonardo da Vinci, Galleria degli Uffizi (per cortesia del Ministero per i Beni e le Attività Culturali).

Ed è proprio la *Teoria dell'Informazione* di Shannon che spiega – per le comunicazioni digitali – come dalla *sorgente* (in particolare immagini digitali) si possono trasferire i messaggi di sorgente nel *canale di comunicazione* verso un *destinatario*, ricevitore.

Nella struttura più completa del sistema di comunicazione il messaggio trasmesso (voce, dati, immagini) viene anzitutto *compresso* (cioè ne viene ridotta la quantità di dati mantenendo la stessa informazione o riducendola il meno possibile), quindi viene *codificato* (con codifica a controllo d'errore che trasforma l'informazione al fine di essere protetta dal rumore – errori – del canale di comunicazione). In ricezione il messaggio trasferito dal canale di comunicazione viene prima *decodificato* (cioè vengono – per quanto possibile – eliminate le alterazioni introdotte dal canale) e poi *decompressato* (cioè riportato alla forma originaria o il più possibile ad essa vicina).

Alla nascita dell'attuale *era digitale*, conviene ricordare le parole profetiche di alcuni esperti. Simon Nora e Alain Minc nel rapporto *Convivere con il calcolatore*, sollecitato dal Presidente della Repubblica Francese, così ben delineavano nel 1978:

Una volta c'erano solo grandi calcolatori. Oggi è disponibile un gran numero di piccole macchine, potenti e poco costose. D'altra parte esse non sono più isolate ma possono essere collegate le une alle altre in reti. Questa crescente interazione fra calcolatore e telecomunicazioni, che chiameremo telematica

(*telematique*), apre un orizzonte decisamente nuovo. La telematica non costituirà semplicemente un'altra rete ma una rete di natura diversa, capace di far *integrare* immagini, suoni e dati e di trasformare i nostri attuali modelli culturali [...].

Siamo così entrati pienamente oggi nell'*era digitale* (ICT, *Information Communication Technology*), con passi di innovazione che giorno dopo giorno avvengono in modo sorprendente. Siamo in effetti già nel villaggio globale digitale, che comprende tutto il mondo e connette in modo efficiente ogni luogo del pianeta, avvicinandosi sempre più al sogno del secolo scorso:

Poter ricevere in ogni istante, in qualunque punto del globo, l'informazione proveniente da un qualunque altro punto del globo stesso in tempo reale (o quasi reale, cioè con piccoli ritardi controllati).

Le grandi reti telematiche permettono, ad esempio, di scambiare rapidamente immagini mediche da un ospedale ad un altro, effettuando anche vere e proprie operazioni congiunte di tele-diagnosi e diagnosi cooperativa fra medici in sedi diverse comunque lontane a livello nazionale e internazionale.

Le stesse reti rendono possibile vedere le grandi opere d'arte (ad esempio gli Uffizi) in tempo reale in tutto il mondo con i commenti dal vivo di grandi esperti. Le attività svolte nelle immagini e comunicazioni digitali a Firenze risalgono a molti decenni fa. In particolare presso l'IROE (Istituto di Ricerca sulle Onde Elettromagnetiche), attualmente IFAC (Istituto di Fisica Applicata 'Nello Carrara') del Consiglio Nazionale delle Ricerche, prima sotto la direzione del prof. Nello Carrara e poi del prof. Giuliano Toraldo di Francia, venivano svolte ricerche molto innovative sulle onde elettromagnetiche, il laser ed anche appunto le immagini digitali e le comunicazioni numeriche.

Negli anni '90 non posso non ricordare il nostro contributo, come Università di Firenze, alla rete telematica toscana (MAN TOSCANA), realizzata già in fibra ottica nell'ambito del Progetto Finalizzato Telecomunicazioni del CNR, nel quale ero responsabile delle realizzazioni sperimentali in Italia, con la partecipazione anche di Telecom Italia.

La Regione Toscana intervenne in tempi rapidi con un importante accordo con il CNR, prendendo in carico la MAN Toscana e realizzando anche la rete di Siena. Questa rete si è evoluta nella attuale RTRT (Rete Telematica Regionale Toscana), che collega centinaia di amministrazioni pubbliche e associazioni industriali con il suo centro vitale che è il TIX (*Transfer Interconnection Exchange*), anche in sintonia con la società dell'informazione e della conoscenza in Toscana.

Venendo ad anni più recenti, ricordo in particolare uno dei collegamenti più importanti – per i beni culturali – che si realizzò nell'aprile del 2007 fra Italia e Giappone con grande impegno di molteplici istituzioni e imprese, fra cui:



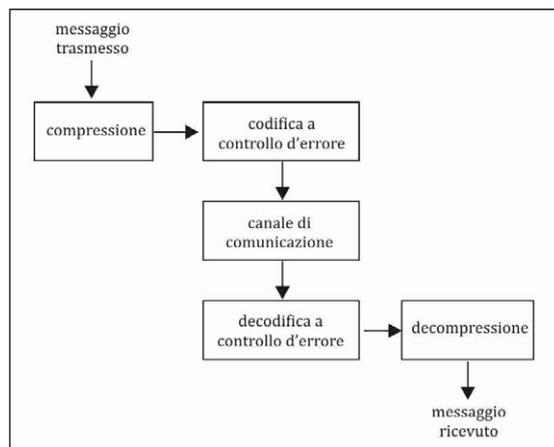
Particolare della Annunciazione di Leonardo da Vinci: la Città sul Porto nella parte centrale, con notevole ingrandimento (per cortesia del Ministero per i Beni e le Attività Culturali).

- Università di Firenze – Regione Toscana
- Ambasciata di Italia a Tokyo – Istituto Italiano di Cultura di Tokyo
- Polo Museale Fiorentino – Hitachi Ltd.
- Rete GARR – Centrica Srl.

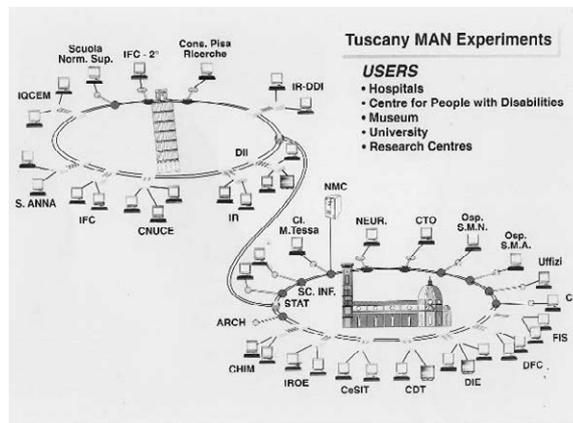
Siamo riusciti a collegare in tempo reale, a distanza di oltre 20.000 km in connessioni a fibra ottica (la banda del satellite non era sufficiente), la sala della Giunta Regionale di via Cavour a Firenze con l'Istituto Italiano di Cultura di Tokyo, trasferendo, oltre alla voce ed alle normali immagini digitali di tipo televisivo dei relatori e degli ambienti, anche le immagini ad altissima qualità, acquisite presso il Polo Museale Fiorentino, quali la già considerata Annunciazione di Leonardo, presentata mirabilmente dalla Soprintendente Cristina Acidini.

Nella grande magnifica aula magna dell'Istituto Italiano di Cultura di Tokyo era presente, con l'ambasciatore Mario Bova, il Presidente del Consiglio Romano Prodi con parlamentari ed esperti del governo italiano, insieme a parlamentari ed esperti del governo giapponese. Si può rilevare che, per avere la massima sicurezza del collegamento digitale (a velocità di centinaia di milioni e di miliardi di bit/sec), furono utilizzati due percorsi distinti uno a nord e uno a sud.

Sono stati anche compensati perfettamente i ritardi (di frazioni di secondo, ma comunque percettibili) fra i messaggi digitali audio e quelli video, intervenendo opportunamente sugli apparati di ripresa audio-video nella sala di trasmissione a Firenze e su quelli nella aula magna di Tokyo.



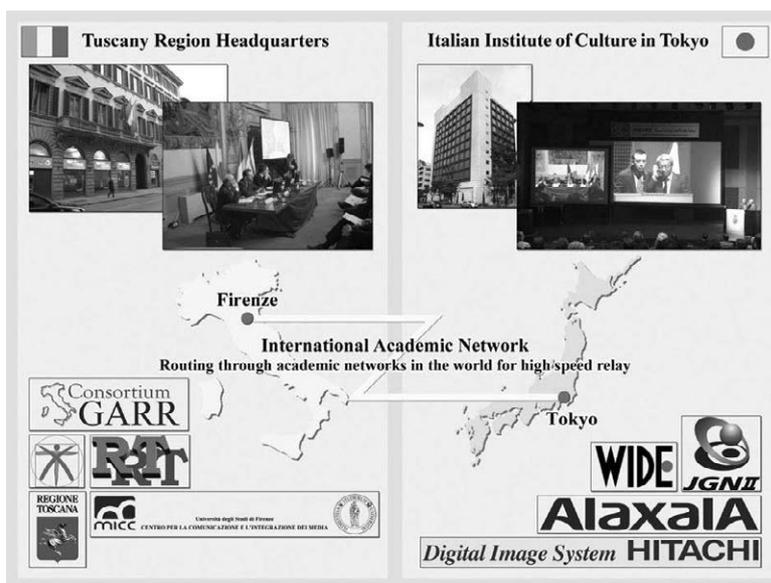
Sistema di comunicazione digitale, in accordo alla Teoria dell'Informazione con codifica di sorgente (compressione) e codifica a controllo d'errore.



Configurazione della rete MAN Toscana, realizzata nel Progetto Finalizzato Telecomunicazioni del CNR con i principali 'nodi' di Firenze e Pisa.



Annuncio del convegno Italo-Giapponese Nuove Tecnologie sulle Vie della Cultura, svoltosi il 16-17 Aprile 2007, presso l'Istituto Italiano di Cultura di Tokyo.

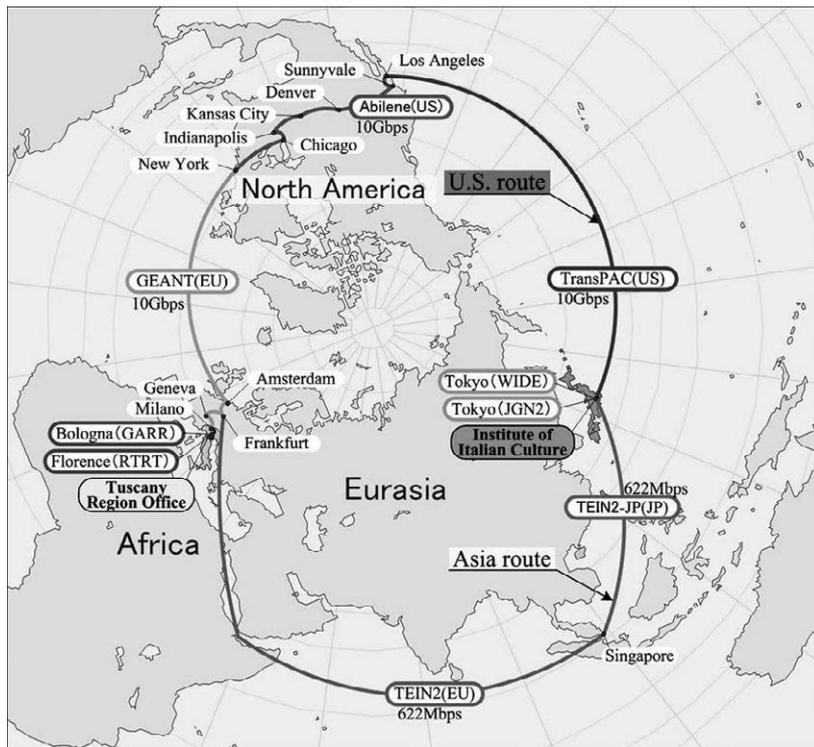


Collegamento telematico fra Firenze (Regione Toscana) e Tokyo (Istituto Italiano di Cultura) del 16-17 aprile 2007.

E siamo poi passati anche alla realtà tridimensionale (oggetti reali) con acquisizione di immagini digitali tridimensionali (3D), con la possibilità di elaborazione e di trasmissione numerica delle immagini stesse. Nel nostro laboratorio 3D, nel Polo Scientifico di Sesto Fiorentino dell'Università di Firenze, dotato di sistemi di acquisizioni digitali a laser ed a luce strutturata, è possibile acquisire oggetti di piccole e medie dimensioni, realizzando modelli digitali 3D, utili per la rappresentazione e archiviazione. Gli stessi modelli, opportunamente modificati, possono portare alla realizzazione di nuovi prodotti.

Ma è anche possibile rappresentare in realtà virtuale 3D centri storici con palazzi e chiese, come abbiamo recentemente fatto con il centro storico di Pistoia.

Google ci ha validato questo lavoro aggiudicandoci un ottimo punteggio, riconoscendo la proprietà intellettuale dell'Università di Firenze e del laboratorio CETIP (Centro di Innovazione Telematica per il Territorio Pistoiese), che abbiamo creato a Pistoia.



Infrastruttura delle reti di collegamento a larga banda a fibra ottica (una via nord, l'altra via sud) fra Firenze e Tokyo del 16-17 Aprile 2007.

E i messaggi digitali, in particolare le immagini 2D e 3D, possono essere protetti per la archiviazione sicura, ma soprattutto per la comunicazione numerica. Abbiamo infatti attivamente sviluppato, con il Dipartimento di Elettronica e Telecomunicazioni e il Centro per la Comunicazione e l'Integrazione dei Media, nuove tecnologie per la protezione dell'informazione ed in particolare delle immagini digitali 2D: la marchiatura elettronica o digitale (*watermarking*).

Abbiamo fatto, con l'Università di Firenze, diversi brevetti sulla marchiatura digitale riconosciuti anche all'estero, che hanno prodotto Spin-Off e nuove Piccole Medie Imprese (PMI).

Queste tecniche di marchiatura elettronica sono state estese anche alle immagini 3D ed ai modelli virtuali di oggetti con sviluppo di procedure innovative a livello internazionale. In effetti poter proteggere i modelli digitali 3D ed i prodotti realizzati mediante il loro uso apre la via a sistemi veri e propri di anticounterfeiting, di vitale importanza per la concorrenza industriale a livello mondiale.

Ed insieme alla marchiatura digitale possiamo utilizzare ed utilizziamo efficacemente la crittatura per rendere inaccessibile il contenuto digitale, se non si è in possesso di una 'chiave' (pubblica o privata) per trasferire i contenuti digitali dal creatore o proprietario all'utente finale.

Un sistema recentemente approvato dal Polo Museale Fiorentino e dal Ministero dei Beni Culturali è UFFIZI-TOUCH®, sviluppato da Centrica Srl e da poco in distribuzione sul mercato. Il sistema ad alta definizione contiene tutte le opere degli Uffizi, comprese quelle del Corridoio Vasariano. Lo stesso contenuto digitale degli Uffizi è stato inserito da Centrica Srl su Apple-Store per la fruizione su Internet.

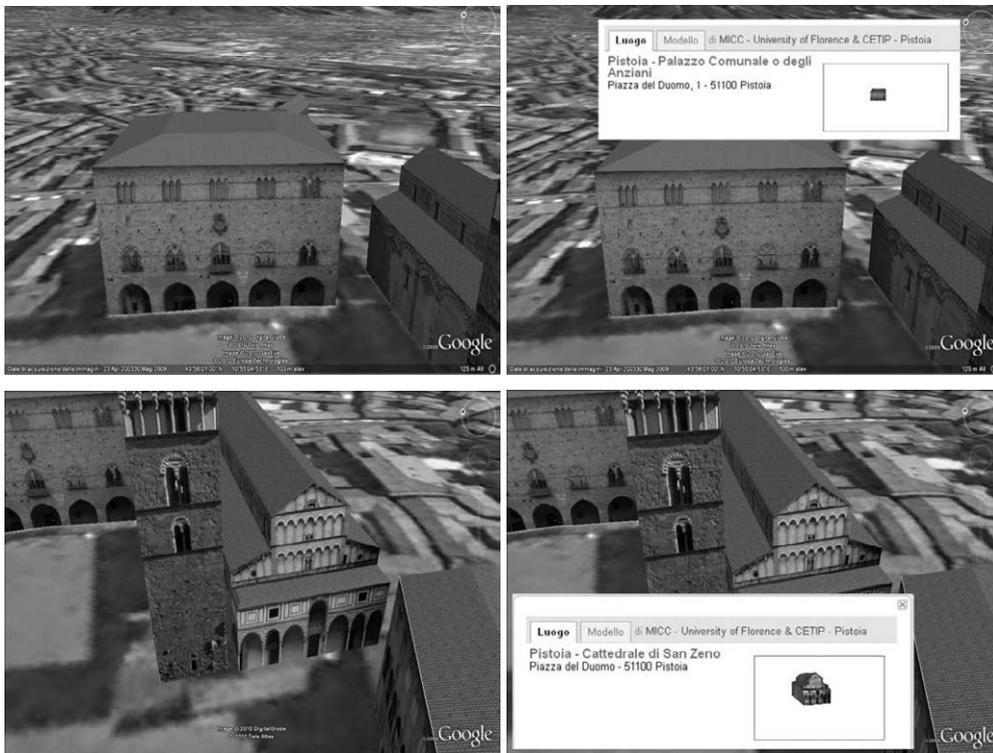
E cosa ci aspetta domani nelle immagini e comunicazioni digitali?

Si delineano scenari di evoluzione degli attuali sistemi ICT verso forme sempre più complesse ed efficienti, ad esempio con la creazione di 'ambienti virtuali immersivi', utili localmente ma anche e soprattutto in comunicazione digitale a distanza per condividere attività, anche fra siti remoti, nei settori operativi più importanti: medicina, ambiente, automazione industriale, *e-government*, beni culturali, formazione.

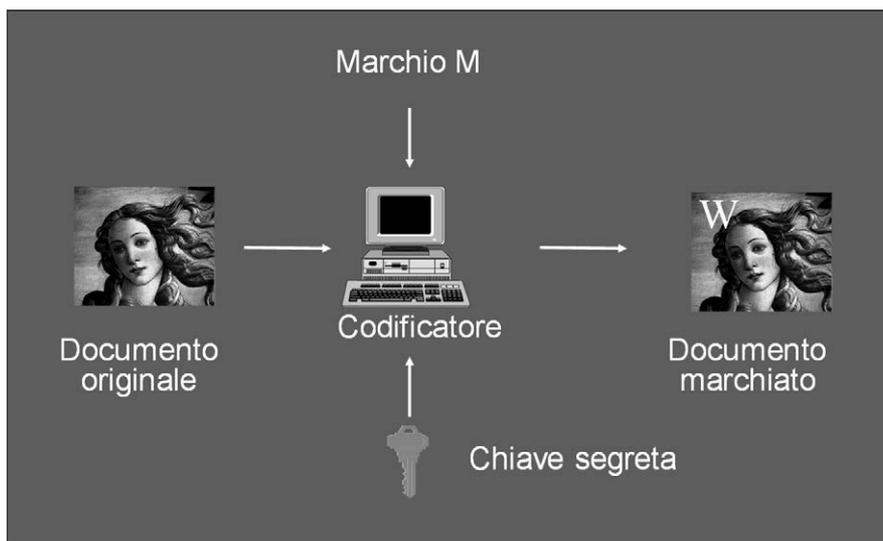
In medicina ed in altri settori si vanno inoltre definendo e realizzando sistemi digitali 4D, costituiti da realtà 3D in movimento (come avviene per gli organi del corpo umano), per la cui elaborazione e rappresentazione efficace in ambito locale e remoto sono ancora aperte linee di ricerca e di sviluppo industriale.



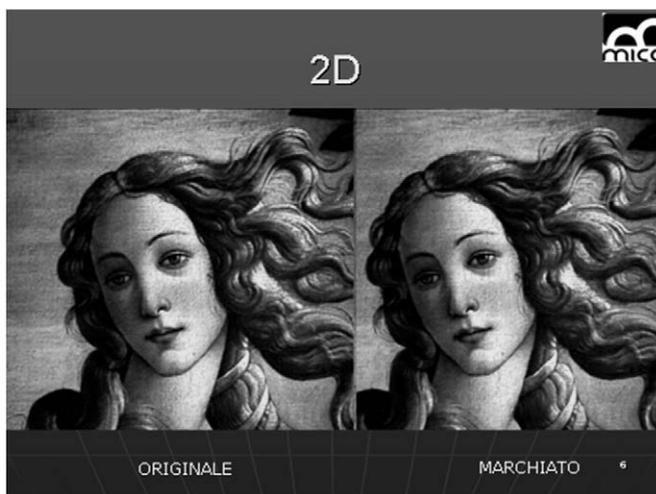
Vista della rappresentazione virtuale 3D del centro storico di Pistoia realizzata dal MICC (Centro per la Comunicazione e l'Integrazione dei Media) – Università di Firenze e CETIP (Centro di Innovazione Telematica per il Territorio Pistoiese) di Pistoia ed inserita su Google.



Alcuni edifici in realtà virtuale 3D del centro storico di Pistoia: Palazzo del Comune e Cattedrale (nelle immagini a destra è riconosciuta la proprietà intellettuale).



Schema di principio di inserimento del marchio digitale, anche in modo invisibile, in una immagine.



Esempio di marchiatura digitale per i Beni Culturali: testa della Venere di Sandro Botticelli, Galleria degli Uffizi (per cortesia del Ministero per i Beni e le Attività Culturali).



Esempio di marchiatura digitale di un oggetto 3D (marchiatura del modello 3D per realizzazione dell'oggetto dal modello marchiato), sviluppata dal Gruppo di Ricerca INN-3D del MICC.



Sistema per la protezione e lo scambio sicuro di modelli (INN-3D).

Anche per la soluzione dei problemi precedenti si studiano poli di elaborazione interconnessi telematicamente (*advanced grid computing*) in grado di gestire migliaia di Terabytes.

Il settore considerato è estremamente promettente in particolare per i giovani, che, dopo studi universitari a vari livelli, possono impegnarsi in Progetti innovativi nella ricerca e nell'industria.

Essendo fondamentalmente ottimista, io spero che, specialmente nel territorio fiorentino e toscano, nasca un vero e proprio Nuovo Rinascimento dalle nuove tecnologie digitali applicate alla scienza, alla ricerca, alla cultura ed all'arte, ma anche – di grande importanza per lo sviluppo economico – alla innovazione tecnologica ed alle produzioni industriali.

- V. Cappellini, A.G. Constantinides, P. Emiliani, *Digital Filters and Their Applications*, Academic Press Inc., London-New York 1978.
- V. Cappellini, A.G. Constantinides (a cura di), *Digital Signal Processing*, Academic Press, London-New York 1980.
- V. Cappellini (a cura di), *Data Compression and Error Control Coding Techniques with Applications*, Academic Press, London-New York 1985.
- V. Cappellini, *Elaborazione Numerica delle Immagini*, Boringhieri, Torino 1985.
- V. Cappellini (a cura di), *Time-Varying Image Processing and Moving Object Recognition*. Elsevier, Amsterdam 1990.
- V. Cappellini, A.G. Costantinides (a cura di), *Digital Signal Processing – 91*, Elsevier, Amsterdam 1991.
- V. Cappellini, *Uffizi Project*, Giunti, Firenze 1993.
- C. Acidini, V. Cappellini, *Reale e virtuale nei musei: due visioni a confronto*, Pitagora Editrice, Bologna 2008.
- V. Cappellini, *La Realtà Virtuale per i Beni Culturali*, Pitagora Editrice, Bologna 2000 (ristampa 2009).
- V. Cappellini, *Proceedings of EVA 2010 Florence*, Pitagora Editrice, Bologna 2010.
- V. Cappellini, P.F. Listri, *Nuovo Rinascimento*, Polistampa, Firenze 2011.



SISTEMI DINAMICI NON LINEARI: UNA INTRODUZIONE

Roberto Genesio

In molte discipline della scienza, e in particolare dell'ingegneria, è ben nota l'importanza che riveste l'impiego di modelli matematici nello studio di processi di diversa natura, al fine di analizzarne il comportamento o di progettare azioni per il loro controllo. Nella grande maggioranza dei casi tali processi hanno una natura dinamica, nel senso che la loro evoluzione ad un istante assegnato dipende in generale da tutta la storia passata delle cause che agiscono su di essa.

Così si ricorre abitualmente a modelli matematici dinamici, espressi nella forma di equazioni differenziali di vario tipo che pongono in relazione le diverse variabili di interesse del processo: in particolare gli ingressi, che costituiscono le grandezze considerate indipendenti (le cause, appunto), le uscite (gli effetti conseguenti) e gli stati. Questi ultimi rappresentano un insieme di variabili capaci di riassumere ad ogni istante la condizione raggiunta dal sistema per effetto della sua storia passata e quindi in grado di determinarne l'evoluzione futura, una volta noto l'ingresso a partire da tale istante.

Nell'ipotesi di limitarsi a considerare sistemi con un ingresso u e una uscita y (detti anche SISO, *Single Input Single Output*) a parametri concentrati, cioè tali che le variabili del sistema stesso non dipendano dalla posizione nello spazio ma solo dal tempo t , e di caratteristiche invarianti nel tempo, ne segue la rappresentazione vettoriale

$$\dot{x}(t)=f(x(t),u(t)) \quad (1)$$

$$y(t)=g(x(t),u(t)) \quad (2)$$

Le relazioni (1) e (2) sono dette rispettivamente equazione di stato ed equazione di uscita del sistema, e in esse x è lo stato (n -dimensionale) e le funzioni f e g , di opportune dimensioni, descrivono le caratteristiche del sistema stesso. Assegnato lo stato iniziale al tempo $t=0$, cioè $x(0)$ e l'ingresso $u(t)$ per $t \geq 0$, la (1) definisce la corrispondente evoluzione $x(t, x(0))$, che può essere riportata come traiettoria di un punto nello spazio di stato, detto anche spazio di fase.

In alternativa al modello (1) (2), che descrive la dinamica del sistema in termini di n equazioni differenziali scalari del 1° ordine, si fa spesso uso del modello definito di ingresso-uscita e rappresentato da un'unica equazione differenziale:

$$y^{(n)}(t)=F[y^{(n-1)}(t),y^{(n-2)}(t),\dots,y(t),u^{(m)}(t),u^{(m-1)}(t),\dots,u(t)] \quad , \quad m \leq n \quad (3)$$

dove si è posto $y^{(i)}(t)=d^i y(t)/dt^i$.

La (3) sarà proprio di ordine n se non esistono nelle (1) (2) dinamiche nascoste, e si può pensare ottenuta da tali equazioni ricavando la relazione diretta fra le grandezze esterne u e y con l'eliminazione dello stato x inteso come variabile interna.

Si osservi che dalla (3) si può sempre passare ad una rappresentazione (1) (2) mentre non è vero il viceversa e dunque in questo contesto la forma in equazioni di stato ha maggiore generalità.

Una volta definito un modello matematico, per esempio l'equazione (1), il suo comportamento dinamico e la connessa analisi dipendono ovviamente in modo sostanziale dalle caratteristiche della funzione f . In molti casi si può ammettere la linearità di tale funzione e anche della funzione di uscita g , e dunque le (1)(2) possono essere scritte

$$\dot{x}(t)=Ax(t)+Bu(t) \quad (4)$$

$$y(t)=Cx(t)+Du(t) \quad (5)$$

dove A, B, C, D sono matrici costanti di opportune dimensioni.

Il modello (3) corrispondente diventa:

$$y^{(n)}(t) + a^{n-1}y^{(n-1)}(t) + \dots + a^0y(t) = b^m u^{(m)}(t) + b^{m-1}u^{(m-1)}(t) + \dots + b^0u(t) \quad (6)$$

La linearità ipotizzata comporta la validità del fondamentale principio di sovrapposizione degli effetti: l'effetto complessivo dovuto a più cause è uguale alla somma degli effetti ottenuti per conto di ognuna delle cause agenti singolarmente.

Da ciò scaturiscono una serie di risultati importanti, per primo la possibilità di studiare l'evoluzione $y(t)$ del sistema come somma della risposta libera, dovuta allo stato iniziale $x(0)$, e di quella forzata, dovuta a $u(t)$, e dunque scriverla analiticamente in funzione di A, B, C, D .

Questo implica un evidente collegamento diretto di queste caratteristiche con diverse proprietà globali del sistema, prima fra tutte la stabilità. Inoltre la linearità delle (4) (5) e anche della (6) consente di fare uso della trasformata di Laplace passando a modelli nel dominio della variabile complessa s , come ad esempio la funzione di trasferimento ingresso-uscita del sistema, di grande efficacia interpretativa e di uso corrente nella teoria dei sistemi e del controllo. Il comune impiego dell'ipotesi lineare è dovuto alla possibilità di ottenere risposte esatte e complete ma anche ovviamente al fatto che molti processi in studio risultano ben descritti da tali modelli, sono cioè linearizzabili senza perdere aspetti fondamentali dei loro comportamenti.

Ci sono però altri processi la cui dinamica è intrinsecamente non lineare, cioè non riproducibile con qualsivoglia modello lineare, e quindi la loro rappresentazione è quella più generale nella forma delle equazioni (1) (2) oppure (3) dove f, g e F vanno intese ora come funzioni non lineari. Questi sistemi hanno così una definizione in negativo: si dice che non obbediscono al principio di sovrapposizione degli effetti senza dire niente su loro eventuali caratteristiche e proprietà. A questo proposito è stato osservato che porre lo studio dei sistemi non lineari è come chiedere (ad uno zoologo) di analizzare le abitudini degli animali non elefanti. Ne segue dunque una estrema vastità del settore, una grande difficoltà nel fornire strumenti sistematici per affrontarne i problemi e generalmente una impossibilità di ottenere risultati esatti esprimibili in forma analitica.

Questo ha spinto la matematica applicata a sviluppare i cosiddetti metodi qualitativi, volti ad ottenere in modo sintetico varie proprietà del sistema e dei suoi possibili modi di funzionare e originati fra la fine dell'Ottocento e l'inizio del Novecento dai lavori di Aleksandr Mikhailovich Lyapunov e soprattutto del grande Henri Poincaré.

Lo studio dei sistemi non lineari si fonda inoltre molto spesso sullo sviluppo di procedimenti approssimati, di volta in volta accordati sulle specifiche caratteristiche del problema in esame. Così come un ruolo ben più importante che nel caso lineare assumono le analisi numeriche che permettono di simulare fenomeni di dinamica anche complessa e di verificarne l'evoluzione al variare dei parametri del sistema.

Si considerano ora alcuni esempi di processi ben noti che richiedono necessariamente, in campi assai diversi, l'impiego di modelli non lineari.

Dinamica delle popolazioni

Si consideri una specie isolata in presenza di risorse illimitate e si supponga di indicare con $N(t) \geq 0$, una variabile continua, il numero di individui al tempo t .

La legge di Malthus indica che l'incremento è semplicemente proporzionale a N , cioè l'evoluzione è regolata dalla legge $\dot{N}(t) = \lambda N(t)$, dove λ è il tasso di crescita della specie inteso come la differenza fra nascite e morti per individuo nell'unità di tempo, e risulta dunque di tipo esponenziale tendendo ad infinito per $\lambda > 0$. Se invece la stessa specie si trova in un ambiente con risorse limitate, questo modello lineare di crescita va modificato assumendo la forma

$$\dot{N}(t) = k[B - N(t)]N(t) \quad (7)$$

dove k è una costante positiva e B il numero di individui a cui tende l'evoluzione. L'equazione (7) è non lineare e dà luogo a comportamenti dinamici del tutto nuovi rispetto a quelli lineari: il sistema ha due equilibri, per $N=0$ e per $N=B$, il primo instabile ed il secondo stabile e la soluzione tende a $N=B$ secondo una curva che è detta logistica.

Si consideri poi il caso di due specie che interagiscono fra loro nel rapporto che esiste fra prede ($N \geq 0$ individui) e predatori ($M \geq 0$ individui), nell'ipotesi che in condizioni di separazione la prima specie abbia la crescita esponenziale indicata dalla legge di Malthus con un coefficiente $\lambda > 0$ e la seconda tenda invece a scomparire esponenzialmente con un coefficiente $\mu > 0$. L'interazione di cui sopra è modellata assumendo che un certo numero di incontri fra individui delle due specie, proporzionale al prodotto $N \times M$, si traduca in riduzione delle prede ed incremento dei predatori.

Al di là di opportuni fattori di normalizzazione, le equazioni di questo sistema ecologico assumono la classica forma

$$\dot{N}(t) = \lambda N(t) - \alpha N(t)M(t) \quad (8)$$

$$\dot{M}(t) = \mu N(t) - \beta N(t)M(t) \quad (9)$$

nota come modello di Lotka-Volterra.

Tale sistema ha ancora due punti di equilibrio e per $N(0) \neq 0$ e $M(0) \neq 0$ tutte le soluzioni sono periodiche e dunque rappresentate da curve chiuse nello spazio degli stati. Esse indicano oscillazioni sfasate delle due specie che in pratica non raggiungono un equilibrio stazionario ma bensì dinamico: accade che quando i predatori riducono troppo il numero delle prede viene loro a mancare il cibo e dunque il loro numero diminuisce, e allora le prede crescono così che i predatori hanno nuovamente di che alimentarsi e aumentare, finché non si ritorna ad un consumo eccessivo delle prede, e così via.

Nell'ipotesi ulteriore che le prede abbiano un'evoluzione separata di tipo logistico, come quella indicata nell'equazione (7), il modello preda-predatore presenta un comportamento diverso. Si hanno tre punti di equilibrio di cui uno risulta abitualmente stabile e le traiettorie tendono ad esso qualora la condizione iniziale appartenga ad un definito dominio di attrazione.

Altre modifiche della legge di interazione preda-predatore cambiano ancora il quadro dinamico del modello. In alcuni casi molte evoluzioni tendono ad una soluzione periodica isolata che corrisponde nello spazio delle fasi ad una traiettoria chiusa detta ciclo limite, di fatto uno dei più importanti comportamenti propri dei sistemi non lineari.

Sistemi di controllo

La classica struttura di un sistema di controllo è quella di un anello di retroazione, che comprende come elementi essenziali l'impianto e il controllore oltre a eventuali sensori e attuatori presenti. Anche nel caso frequente che l'impianto abbia un modello lineare, definito ad esempio dall'equazione (6), gli altri elementi possono presentare caratteristiche non lineari, semplicemente statiche come saturazioni, zone morte, relé con banda, ecc., oppure più complesse come isteresi. Si supponga ora che il controllore posto in cascata all'impianto, e in presenza di retroazione unitaria, sia modellabile con una non-linearità statica descritta dalla funzione φ .

Il sistema, oltre che dalla (6), è descritto dalla relazione che definisce il segnale errore $e(t) = r(t) - y(t)$, dove $r(t)$ è il comando esterno di riferimento e $y(t)$ è l'uscita, e dalla legge del controllore e dunque sostituendo si ricava l'equazione che segue, dove si è ommesso per semplicità il tempo t :

$$y^{(n)} + a^{n-1}y^{(n-1)} + \dots + a^0 y = b^m \varphi(r-y)^{(m)} + b^{m-1} \varphi(r-y)^{(m-1)} + \dots + b^0 \varphi(r-y) \quad (10)$$

Questa espressione appartiene alla classe non lineare definita dalla (3) e può presentare una gamma sterminata di comportamenti al variare della funzione φ .

A conclusione di questi esempi, si vuole ribadire che i modelli introdotti esprimono una serie di dinamiche non replicabili con modelli lineari e neppure approssimabili con essi. È necessario dunque affrontare lo studio di certi processi con metodi di analisi non lineari: di essi si è citata la mancanza di sistematicità dovuta alla grande varietà di casi che possono presentarsi e anche l'opportunità di fare ricorso a procedimenti approssimati dei quali si possa di volta in volta giustificare l'applicazione.

Come esempio di questo modo di procedere, si presenta ora brevemente lo studio della dinamica di un semplice sistema meccanico non lineare, mostrando come una particolare tecnica di analisi permetta di descriverne gli aspetti essenziali. Il sistema in esame è costituito da una massa m che si muove su una superficie orizzontale essendo vincolata da una molla e sottoposta all'azione di una forza F .

Indicando con y la sua posizione, vale l'equazione dinamica

$$m\ddot{y}=F-F_a-F_m \quad (11)$$

dove F_a è la forza di attrito e F_m la forza elastica esercitata dalla molla. Le ipotesi usuali modellano linearmente ambedue questi termini, supponendo di operare per piccole velocità e con attrito viscoso, cioè $F_a=\dot{y}$, e per piccoli spostamenti, per cui $F_m=ky$.

Quando si è invece in presenza di ampi spostamenti, quest'ultimo termine può richiedere un modello non lineare del tipo $F_m=ky+\gamma y^3$. In particolare, ($\gamma>0$) si riferisce al caso di una molla che si indurisce con l'estensione, mentre il caso ($\gamma<0$) corrisponde ad una molla che diventa più morbida con l'allungamento.

Assumendo inoltre di agire sulla massa con una forza di comando armonica $F=A\cos \omega t$ e sostituendo i suddetti termini nella (11) si ottiene la forma

$$m\ddot{y}+f\dot{y}+ky+\gamma y^3=A\cos \omega t \quad (12)$$

che è la ben nota equazione di Duffing. Si supponga ora di volere studiare la risposta in frequenza del sistema in funzione di A e ω : si è cioè interessati a conoscere come varia l'ampiezza di y a regime permanente, essendo ragionevole supporre che tale segnale sia periodico con lo stesso periodo della forzante F .

Nel caso lineare ($\gamma=0$ nella (12)) la risposta è semplice: la curva dell'ampiezza di y in frequenza è data dal modulo della funzione di trasferimento fra F e y calcolata per $s=j\omega$, semplicemente moltiplicato per A in quanto vale la sovrapposizione degli effetti. Per valori piccoli di f si ha il classico andamento con un picco di risonanza vicino alla frequenza naturale di oscillazione $\omega\sqrt{k/m}$.

Per analizzare il caso non lineare si considera che y , oltre che periodico, sia anche simmetrico per la forma della non-linearità e quindi che abbia lo sviluppo in serie di Fourier

$$y(t)=Y_1\cos(\omega t-\theta_1)+Y_3\cos(3\omega t-\theta_2)+\dots \quad (13)$$

ma si suppone, ed è questa l'ipotesi fondamentale sulla quale si tornerà più avanti, che sia sufficiente per questo studio qualitativo tenere in conto la sola prima armonica, cioè $y(t)\approx Y_1\cos(\omega t-\theta_1)$. Sostituendo nella (12) si ottiene allora:

$$\begin{aligned} -m\omega^2 Y_1\cos(\omega t-\theta_1)-f\omega Y_1\sin(\omega t-\theta_1)+kY_1\cos(\omega t-\theta_1)+(3/4)\gamma Y_1^3\cos(\omega t-\theta_1)+ \\ (1/4)\gamma Y_1^3\cos^3(\omega t-\theta_1)\approx A\cos \omega t \end{aligned} \quad (14)$$

Poiché tale equazione non ha soluzione nelle incognite Y_1 e θ_1 , a causa della componente di terza armonica generata dal termine lineare, si procede con la tecnica nota come 'bilanciamento armonico' che consiste nel trascurare nella (14) tale termine, avendo esso una frequenza superiore rispetto a quella con cui si è deciso di approssimare la soluzione. Si può dire che questo porta a considerare gli effetti della non-linearità in termini di ampiezza ma non di frequenza, effettuando così una sorta di linearizzazione armonica.

Con tale semplificazione la (14) può essere risolta eguagliando a zero i coefficienti in $\sin\omega t$ e $\cos\omega t$ e ricavando una equazione cubica in Y_1 che è la variabile di interesse. Per un ampio e determinabile dominio dei parametri, tale equazione ha tre soluzioni reali e per $\gamma>0$ il diagramma della risposta in frequenza del sistema risulta quello riportato indicativamente nella figura riportata più avanti, evidenziando le frequenze che limitano l'intervallo suddetto.

Per chiarezza si tenga presente che tutte le soluzioni in Y_1 corrispondono nel tempo a soluzioni periodiche e dunque a cicli limite nello spazio di fase (y,\dot{y}) della (12).

La comune risposta in frequenza del caso lineare subisce dunque una distorsione del picco di risonanza verso frequenze più alte (la distorsione sarebbe invece verso frequenze più basse per $\gamma<0$). Per comprendere del tutto il comportamento del sistema è possibile linearizzare l'equazione in Y_1 attorno alle soluzioni verificando, nel caso di tre radici, la stabilità di quelle estreme e l'instabilità di quella intermedia, mentre risulta sempre stabile la condizione di un'unica soluzione.

Di conseguenza risulta definito il comportamento del sistema al variare della frequenza, come indicato dalle frecce nella figura della pagina seguente e come può essere verificato con simulazioni numeriche o sperimentalmente.

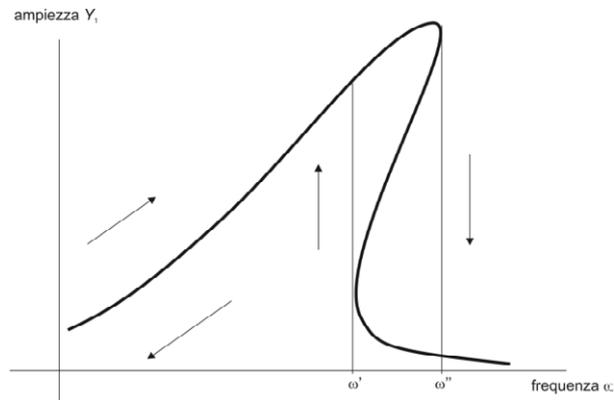
Facendo crescere da zero la frequenza della forzante F , l'ampiezza dell'oscillazione y aumenta secondo l'unico ramo indicato fino alla frequenza ω' e successivamente continua sul ramo superiore fino a ω'' . A questo punto un ulteriore aumento di ω comporta un'improvvisa diminuzione (un 'salto') dell'ampiezza Y_1 poiché si passa sull'unico ramo relativo alle alte frequenze. Percorrendo il cammino inverso con il

decremento di ω da valori alti, si procede con continuità attraverso ω'' fino a ω' dove si verifica ancora un 'salto' di ampiezza, questa volta crescente. Il sistema presenta dunque un fenomeno di isteresi nella risposta in frequenza e i valori ω' e ω'' corrispondono a quelle che vengono dette 'biforcazioni', cioè modificazioni qualitative della dinamica del sistema al variare dei suoi parametri.

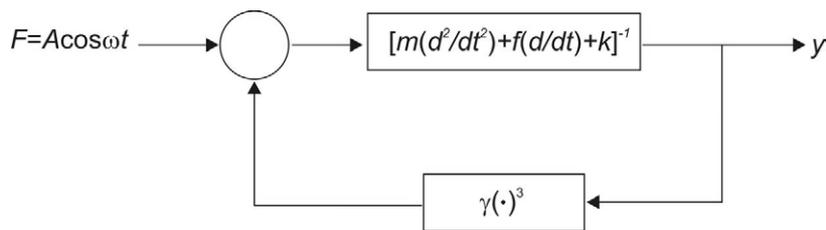
Si osservi anche che per $\omega \in (\omega', \omega'')$ la soluzione Y_1 intermedia, risultata instabile, non può essere raggiunta abitualmente con le variazioni della frequenza ω appena descritte. Il corrispondente ciclo limite instabile potrebbe verificarsi, in linea di principio, con un'opportuna scelta delle condizioni iniziali.

Queste conclusioni sono state ottenute in modo relativamente semplice con una tecnica approssimata di tipo qualitativo, cioè mediante l'impiego del metodo di bilanciamento armonico fermato al primo ordine. Il procedimento seguito sarebbe proponibile anche rappresentando la soluzione con un numero maggiore di armoniche ma i risultati ottenibili con tale metodo diventerebbero allora esclusivamente numerici.

Resta ora da giustificare l'ipotesi fondamentale che sta alla base di questa applicazione, cioè quella di trascurare nella descrizione di y le armoniche superiori a quelle della forzante e quindi in questo caso (simmetrico) dalla terza armonica in poi. Per questo conviene rappresentare l'equazione (12) con lo schema a blocchi della figura di pagina seguente, che separa la parte lineare da quella non lineare evidenziandone la struttura in retroazione.



Risposta in frequenza del sistema massa-molla non lineare.



Schema a blocchi del sistema massa-molla non lineare.

Nella condizione periodica che si stabilisce a regime permanente, il segnale $y(t)$ si autosostiene nell'anello indicato attraversando dunque i due sottosistemi indicati. Ebbene, quello lineare in particolare esercita un forte filtraggio di tipo passa-basso sui segnali di ingresso, tendendo quindi ad attenuare molto le armoniche superiori della soluzione. Pensando alla risposta in frequenza lineare già ricordata, si immagini ad esempio la riduzione che subisce la componente di frequenza 3ω quando ω è vicino alla risonanza, laddove avvengono i fenomeni più significativi del sistema studiato. I risultati ottenuti, anche quantitativi, confermano in generale la validità dell'ipotesi in questione. La presenza di questo effetto filtrante è assai frequente nei sistemi non lineari in studio e può essere posta bene in evidenza, e anche quantificata per valutare l'opportunità di impiegare tecniche di bilanciamento armonico, quando essi siano rappresentabili

nella forma di blocchi ingresso-uscita in retroazione e cioè quando essi ammettano il modello generale espresso dalla (3).

- D.W. Jordan, P. Smith, *Nonlinear Ordinary Differential Equations. An Introduction for Scientist and Engineers*, Oxford University Press, New York 2007 (4th edition).
- H. K. Khalil, *Nonlinear Systems*, Prentice Hall, Upper Saddle River (US-NJ), 2002 (3rd edition).
- J. J. E. Slotine, W. Li, *Applied Nonlinear Control*, Prentice-Hall, Upper Saddle River (US-NJ) 1991.
- S.H. Strogatz, *Nonlinear Dynamics and Chaos: with Applications to Physics, Biology, Chemistry, and Engineering*, Perseus Books, Cambridge 1994.



EVOLUZIONE DEL CONTROLLO ADATTATIVO NEL QUARANTENNIO 1970-2010: DALL' AUTO-SINTONIA NEL CONTINUO ALLA COMMUTAZIONE NEL DISCRETO

Edoardo Mosca

È noto come la disponibilità di descrizioni matematiche certe dei processi, naturali e/o artificiali, abbia costituito, e costituisca, uno dei principali fattori di successo dell'utilizzo delle scienze nel quantificare azioni o stimoli atti ad assicurarne una desiderata evoluzione temporale. Più incerto e problematico l'apporto in tal senso delle scienze nel caso di processi non deterministici e/o con descrizioni matematiche incerte o ignote al decisore: basti pensare alle difficoltà, al di là di un circoscritto valore qualitativo, dell'uso di modelli econometrici incerti ai fini di imporre un'evoluzione quantitativamente controllata a variabili economiche.

Ispirata e stimolata dall'apporto significativo della moderna (quantitativa) teoria del controllo automatico in retroazione nelle missioni aerospaziali degli anni cinquanta e sessanta del secolo scorso, successi questi facilitati dalla disponibilità sia di descrizioni matematiche certe oltreché della emergente tecnologia per l'elaborazione dei dati in tempo-reale, a partire dal 1970 circa, un'intensa attività di ricerca è andata sviluppandosi con l'obiettivo di estendere al caso di processi dinamici incerti l'efficacia della teoria del controllo in retroazione. In un tale ambito, gli approcci dominanti sono risultati essenzialmente due: quello del 'controllo robusto' e quello del 'controllo adattativo'.

Per controllo robusto si intende essenzialmente la progettazione di una singola unità di controllo in retroazione tale da poter conseguire prestazioni prescritte anche in presenza nel processo da controllare di parametri incerti i cui valori appartengano ad insiemi di incertezza i più ampi possibile. È concepibile che una maggiore incertezza possa essere gestita tollerando prestazioni mediamente più ridotte, e che magari tale risultato possa conseguirsi attraverso azioni di controllo appropriate per il caso peggiore tra quelli appartenenti all'insieme di incertezza.

Una delle limitazioni concettuali del controllo robusto risiede nel fatto che in esso i dati sperimentali generati dal processo controllato nel corso del suo normale funzionamento non vengono sfruttati – come in linea di principio risulterebbe possibile – per ridurre con l'avanzare del tempo l'incertezza iniziale (a priori) sui parametri incogniti del processo. Al contrario, il controllo adattativo incorpora, in forme più o meno esplicite, un meccanismo di apprendimento che, sulla base dei dati sperimentali acquisiti nel corso del

normale funzionamento del processo controllato, ne riduce con l'avanzare del tempo l'incertezza a priori. È intuibile, da questa stessa sintetica descrizione, come un sistema di controllo adattativo possieda un'elevata intrinseca complessità, risultando complessivamente un sistema dinamico non-lineare e tempo-variante, anche nel caso in cui il processo controllato sia un sistema dinamico lineare tempo-invariante (LTI) e privo di disturbi. Lo stato dell'arte del controllo adattativo, alla fine degli anni settanta del secolo XX, restava ancora in uno stadio di pronunciata immaturità: in letteratura andava accumulandosi un'ampia molteplicità di proposte di algoritmi per il controllo adattativo assieme all'indicazione di qualche sua promettente applicazione pratica, ma, purtroppo, in assenza delle necessarie garanzie di stabilità. Mancava, infatti, una dimostrazione matematica rigorosa delle proprietà del controllo adattativo, quali la convergenza o, almeno, la limitatezza delle variabili del sistema di controllo risultante. Tale mancanza di dimostrazioni matematiche scoraggiava il diffondersi di un suo uso pratico. A ciò si accompagnava il fatto che la sua reputazione fosse ancora offuscata dai disastrosi esiti seguiti ad alcuni ingenui tentativi di applicazione in campo aeronautico, avvenuti agli albori della sua storia durante gli anni cinquanta, e terminati con la distruzione dell'aereo impiegato nei test di validazione sperimentale. Lo stato dell'arte dell'epoca suggeriva dunque prevalentemente un uso degli algoritmi di controllo adattativo allora disponibili come strumenti di auto-sintonia per la legge di controllo da assegnare a processi incerti e tempo-invarianti. Tipicamente, un'unità di 'controllo adattativo ad auto-sintonia' incorpora un algoritmo ricorsivo di identificazione, anche detto 'identificatore', di parametri incogniti del processo – parametri rilevanti ai fini del controllo – da dati acquisiti in tempo-reale durante il previsto modo di funzionamento del processo stesso. L'uscita fornita dall'identificatore viene quindi utilizzata per il calcolo della 'legge di controllo in sintonia' con la descrizione matematica del processo identificata fino a quell'istante. Grande popolarità riscosse all'epoca il controllore adattativo ad auto-sintonia, spesso individuato dall'acronimo RLS+MV (RLS: stimatore ricorsivo ai minimi quadrati, come identificatore; MV: controllo a minima varianza, come legge di controllo in sintonia): risposta questa della scuola svedese di controlli automatici¹³ ad una versione statunitense alternativa denominata MRAC (*Model Reference Adaptive Control*)¹⁴ [Mon]. In quegli anni, iniziava peraltro consolidarsi il laboratorio di ricerca sui sistemi adattativi presso la Facoltà di Ingegneria, più precisamente Dipartimento di Sistemi e Informatica, dell'Università di Firenze, laboratorio ove avrebbero operato, oltre allo scrivente, Giovanni Zappa, Luigi Chisci, David Angeli e, più recentemente, Giorgio Battistelli e Pietro Tesi, e che avrebbe costituito, per circa un quarantennio, un fattore di stimolo e sviluppo per numerose tesi di laurea e dottorato di ricerca.

Nel 1982, dopo circa un decennio di attesa, la comunità scientifica del settore accolse con entusiasmo quella che venne e viene considerata la prima rigorosa dimostrazione della proprietà di convergenza di una versione puramente deterministica dell'RLS+MV¹⁵ [GRC]. Tale proprietà garantisce, per arbitrarie condizioni iniziali, che: le variabili del sistema adattativo ad auto-sintonia si mantengono limitate; la convergenza asintotica della legge di controllo; l'estinguersi asintoticamente dell'errore di inseguimento per riferimenti predicibili (e.g., costanti nel tempo, combinazioni di sinusoidi, etc.). Il punto critico della dimostrazione risiede nel fatto che la sua validità è subordinata ad ipotesi in pratica assai restrittive, quali quelle di: A1) un processo descritto esattamente da un sistema dinamico LTI, a fase minima, di ordine limitato superiormente da un intero noto a priori; A2) ritardo ingresso-uscita del processo noto a priori; A3) totale assenza di disturbi. Se era scontato che la condizione in A1) di fase minima dovesse essere presente, essendo essa richiesta necessariamente dalle proprietà di stabilizzazione della legge di controllo a MV, la condizione di un ordine inferiore ad un intero predeterminato, appariva restrittiva e concettualmente disturbante, dato il contesto. Tale ultima condizione implica, infatti, che l'identificatore RLS effettui una stima in un insieme di possibili sistemi dinamici incogniti contenente il sistema effettivo (ipotesi che viene riferita come 'assenza di dinamiche non modellate'), escludendo così la più frequente situazione riscontrabile in pratica, anche per motivi di contenimento di complessità computazionale, di processi incerti di complessità maggiore di quella adottata a priori dall'identificatore RLS.

¹³ K. J. Astrom, B. Wittenmark, *On self-tuning regulators*, «Automatica», 9, 1973, pp. 185-189.

¹⁴ R. V. Monopoli, *Model reference adaptive control with an augmented error signal*, «IEEE Trans. Automat. Control», 19, 1974, pp. 474-489.

¹⁵ G. C. Goodwin, P. J. Ramadge, P. E. Caines, *Discrete-time multivariable control*, «IEEE Trans. Automat. Control», 25, 1980, pp. 449-456.

Nonostante le limitazioni suddette, il fatto che si fosse finalmente pervenuti ad una tale rigorosa dimostrazione, generò l'aspettativa che presto risultati di convergenza simili sarebbero stati raggiunti con altrettanto rigore anche per processi incerti a fase non-minima, con dinamiche non modellate, ed in presenza di disturbi, rimuovendo in tal modo i principali ostacoli ad un impiego più generale del controllo adattativo. Nell'attesa, il controllo adattativo ad auto-sintonia trovò comunque utili applicazioni pratiche, e.g., nel processo di produzione della carta, e nella taratura automatica delle macchine per emodialisi, quest'ultimo forse il caso di maggior successo in termini quantitativi e di riduzione dei costi operativi.

Nei riguardi dell'aspettativa di un avanzamento della teoria, i progressi, viceversa, subirono un rallentamento inatteso, anche a causa della complessità dell'analisi sia dell'identificazione RLS, potenzialmente mal-condizionata in presenza di dati rumorosi, che di leggi di controllo più robuste della MV nei riguardi di dinamiche non modellate, ma non tolleranti descrizioni identificate potenzialmente non-stabilizzabili.

La ricerca sul controllo adattativo procedette per tutti gli anni ottanta e primi novanta verso forme precedentemente poco esplorate, anche se di effettivo interesse pratico, quali algoritmi iterativi in grado di convergere a leggi di controllo di complessità ridotta, e.g., PID (Proporzionale, Integrabile, Derivativo), minimizzanti, almeno localmente, un indice di prestazione, tipicamente quadratico, per il sistema di controllo finale. Qui il termine 'legge di controllo di complessità ridotta' equivale a quanto precedentemente espresso come 'in presenza di dinamiche non modellate', dinamiche non modellate escluse – come già detto – dalle ipotesi di validità per la convergenza dell'RLS+MV. Inoltre, tali algoritmi iterativi sono in grado di fornire i risultati suddetti anche per processi descrivibili come sistemi dinamici LTI a fase non-minima, quest'ultimi pure non stabilizzabili con l'RLS+MV. Due ben noti esempi di algoritmi iterativi sono quello noto in letteratura come MUSMAR (*MULTI Step Multivariable Adaptive Regulator*)¹⁶, e quello detto 'Controllo LQG ad Auto-Sintonia con Identificatore a Dati Filtrati'¹⁷.

L'algoritmo MUSMAR provvede ad effettuare una variante a tempo-discreto delle iterazioni alla Kleinman¹⁸ per calcolare il guadagno di retroazione LQG su orizzonte semi-infinito. Le iterazioni sono distribuite nel tempo e fanno uso di una molteplicità di modelli di predizione a più passi del processo incerto. Tutti i modelli di predizione su cui lavora il MUSMAR sono identificati separatamente l'uno dall'altro tramite un banco di identificatori RLS alimentati da dati acquisiti dal processo controllato. L'uso di modelli di predizione a più passi, provenienti da identificatori separati, costituisce la principale caratteristica innovativa del MUSMAR. Mentre per un sistema dinamico LTI a tempo-discreto una descrizione matematica completa per ciò che attiene la sua evoluzione temporale è fornita dal suo predittore ad un passo di ordine pieno, da quest'ultimo essendo ottenibili per via analitica tutte le predizioni a più passi, la situazione si complica nel caso in cui, per effetto della presenza di dinamiche non-modellate, il predittore ad un passo sia di ordine ridotto rispetto all'ordine del processo incerto. In questo secondo caso, il predittore ad un singolo passo, essendo di ordine ridotto, è solo un'approssimazione di quello di ordine pieno, e, se usato, ignorandone l'approssimazione, per calcolare per via analitica i predittori a passi successivi, causa tipicamente una propagazione degli errori d'approssimazione sull'evoluzione a più passi del processo incerto. Ne segue che, in presenza di dinamiche non modellate, il calcolo del guadagno di retroazione LQG sulla base della conoscenza di un predittore ad un singolo passo ed identificato da dati sperimentali, può portare a destabilizzare il sistema controllato ad anello chiuso. Nell'algoritmo MUSMAR la difficoltà è aggirata, evitando di estrapolare per via analitica l'evoluzione a partire da singolo predittore identificato, ma, al contrario, la si calcola facendo uso di predittori a più passi, ciascun predittore venendo identificato separatamente dai rimanenti.

Tale modalità di funzionamento consente di dimostrare che, se per il processo LTI esiste un guadagno di retroazione stabilizzante dell'ordine ridotto desiderato (e per il quale il MUSMAR è predisposto dall'operatore), allora i possibili guadagni di retroazione di convergenza sono quelli che forniscono un minimo locale dell'indice di prestazione LQG. Questo risultato, sebbene non assicuri la convergenza, ma, al contrario, la presuma, ha comunque il merito di indicare costruttivamente come assicurare desiderabili

¹⁶ C. Greco, G. Menga, E. Mosca, G. Zappa, *Performance improvements of self-tuning controllers by multistep horizons: the MUSMAR approach*, «Automatica», 20, 1984, pp. 681-699.

¹⁷ M. Gevers, *Towards a joint design of identification and control*, in *Essays on Control: Perspectives in the Theory and its Applications*, Birkhauser, 1993.

¹⁸ E. Mosca, *Optimal, Predictive, and Adaptive Control*, Prentice Hall, 1995.

proprietà di robustezza mediante l'adozione nell'identificazione del processo incerto di una molteplicità di modelli dinamici appropriati, quali i multi-predittori.

Nel 'Controllo LQG ad Auto-Sintonia con Identificatore a Dati Filtrati', l'obiettivo è simile a quello del MUSMAR, sebbene tra i due algoritmi si riscontrino significative differenze. La principale è che nel primo di essi la 'robustificazione' rispetto a dinamiche non modellate è ottenuta, non con l'uso di multi-predittori come nel MUSMAR, ma, al contrario, attraverso la stima iterativa di un filtro in frequenza attraverso cui i dati sperimentali dal processo incerto vanno fatti transitare prima di essere inviati all'identificatore del modello di ordine ridotto. L'azione del filtro tende a conferire quantitativamente maggiore importanza agli errori di predizione, tra processo incerto controllato e modello identificato a complessità ridotta, alle frequenze più critiche per la stabilità del sistema ad anello chiuso. Pur essendo stati riportati promettenti risultati applicativi, sembrano tuttora mancare per questo algoritmo, ed altri similari, risultati analitici di convergenza.

Al termine degli anni ottanta, inizio novanta, un'ulteriore tipologia di algoritmi di controllo adattativo venne aggiunta alle preesistenti: quella del 'Controllo Adattativo a Commutazione con Supervisore' (CACS)¹⁹, un approccio questo che avrebbe poi attratto un interesse crescente nell'accademia e costituito la cornice per fecondi sviluppi successivi. L'approccio al controllo adattativo adottato tradizionalmente aveva considerato un insieme di incertezza di natura continua, e.g., processi LTI con parametri incogniti appartenenti a sottoinsiemi continui di spazi vettoriali, ed incorporato identificatori che stimano da dati sperimentali l'elemento in tale insieme che descrive al meglio il processo incognito. La prima versione trattata in letteratura del CACS ipotizza, al contrario, che il processo incognito coincida con un elemento di una famiglia M finita di N elementi m_i , $i = 1, 2, \dots, N$, chiamati modelli di sistemi dinamici LTI. Ad ogni elemento m_i è associata un'unità di controllo c_i , chiamata unità di controllo in sintonia con m_i . La costruzione di ciascun c_i avviene facendo sì che m_i , controllato in retroazione da c_i , abbia un comportamento desiderabile. In contrasto con quanto avviene nel controllo adattativo tradizionale ove la legge di controllo da applicare è calcolata in-linea, nel controllo adattativo a commutazione, ogni c_i è pre-calcolato, dipendendo soltanto da m_i che è pure selezionato in base all'informazione a priori sul processo incerto a disposizione del progettista. Ad un'unità, chiamata 'supervisore', è affidato poi il compito di selezionare ad ogni istante t il modello $m_{i(t)}$ meglio approssimante il comportamento del processo registrato fino a t , e commutare istantaneamente nell'anello di retroazione il corrispondente controllore in sintonia $c_{i(t)}$. L'insieme di incertezza a priori è qui dunque un insieme finito, in contrasto con quanto considerato precedentemente. Il fatto che il processo incognito coincida con uno dei modelli in M , equivale in sostanza ad una condizione di assenza di dinamiche non modellate, condizione che, come già commentato precedentemente, rende meno complicata un'analisi di convergenza. Nessuna sorpresa, dunque, se, subordinatamente a tale condizione, si possa dimostrare che questa prima versione del CACS converga con errore di inseguimento nullo per riferimenti di tipo predicibile. Tuttavia, tale proprietà si estende al caso di dinamiche non modellate solo se esse risultano di piccola entità. Ne consegue, pertanto, che, qualora l'insieme M non contenga un elemento che descriva esattamente il processo incognito (come nel caso di modelli m_i solo approssimanti il processo), l'uso della prima versione del CACS possa divenire un azzardo, non potendo escludersi fenomeni di instabilità del sistema di controllo ad anello chiuso. A causa di tale situazione, i vantaggi della prima versione del CACS, rivendicati dai suoi estimatori, consistettero essenzialmente in una sua presunta più pronta risposta e più contenuti transitori nella fase di avvio rispetto agli algoritmi di controllo adattativo tradizionale, subordinatamente al verificarsi della convergenza.

Un rilassamento significativo delle condizioni che assicurano la validità della proprietà di convergenza venne a realizzarsi con un innovativo approccio al CACS, denominato 'Controllo Adattativo a Commutazione Non-Falsificato' (CACS-NF), introdotto e sviluppato alla fine degli anni novanta – inizio secolo XXI da Michael Safonov²⁰. Nel CACS-NF non sono presenti i modelli m_i , ma solo un numero finito N di unità di controllo candidate c_i , $i = 1, 2, \dots, N$. Il supervisore è, come nel CACS prima versione, responsabile della selezione ad ogni istante di tempo t dell'unità di controllo $c_{i(t)}$ da commutare in retroazione al processo incognito. L'innovazione principale dell'approccio CACS-NF risiede nel criterio in base al quale avviene la selezione. Al fine di facilitarne la descrizione, si suppongano di qui in poi tutti i dati campionati

¹⁹ A. S. Morse, *Supervisory control of families of linear set-point controllers, Part 2: robustness*, «IEEE Trans. Automat. Control», 42, 1997, pp. 1500-1515.

²⁰ G. Safonov, T. C. Tsao, *The unfalsified control concept and learning*, «IEEE Trans. Automat. Control», 42, 1997, pp. 843-847.

nel tempo, e si indichi con (P/c_i) il sistema di controllo costituito dal processo P controllato in retroazione da c_i . Per ciascun indice $i, i = 1, 2, \dots, N$, è introdotta una variabile fittizia, indicata qui di seguito come r_i e denominata i -esimo 'riferimento virtuale'. Tale variabile è definita come quel segnale di riferimento ipotetico che, se applicato all'anello di retroazione (P/c_i) , riprodurrebbe le medesime variabili di ingresso u e di uscita y del processo, ottenute nel corso del suo effettivo funzionamento, qualunque sia stata la successione delle commutazioni passate. È quindi calcolata la somma dell'energia dell'ipotetico errore di inseguimento $(y - r_i)$ per l'anello (P/c_i) pilotato dal riferimento virtuale r_i , e dell'energia dell'ingresso u , divisa per l'energia di r_i ,

$$(J_i)(q) = [\|(y - r_i)^q\|^2 + \|u^q\|^2] / \|r_i^q\|^2$$

energie tutte valutate fino all'istante di tempo corrente q . Qui, $\|\cdot\|$ denota la norma $l-2$, e l'apice q il troncamento di una successione temporale all'istante di tempo q . Il massimo del funzionale J_i rispetto a tutti gli r_i di energia finita, fornirebbe un indice di prestazione o, più precisamente il guadagno in norma $\|H\|_{inf}$ dell'anello di retroazione (P/c_i) : minore il suo valore, maggiore la prestazione conseguita dal controllore candidato c_i . Il CACS-NF non disponendo del suddetto massimo perché le r_i a sua disposizione sono solo quelle fornite dai dati sperimentali, adotta, come indice i -esimo di prestazione all'istante di tempo t , il valore massimo $(L_i)(t)$ assunto da J_i fino all'istante di tempo $t-1$

$$(L_i)(t) = \max [(J_i)(q) \mid q = 1, 2, \dots, t-1]$$

dove si è indicato con $q = 1$ l'istante di tempo iniziale. Detto $s(t)$ l'indice del controllore connesso in retroazione al processo al generico istante di tempo t , il CACS-NF, seleziona l'indice del controllore da inserire in retroazione al processo P in accordo al criterio

$$s(t-1), \text{ se } (L_{s(t-1)})(t), \text{ se } h \text{ è inferiore a } s^{\wedge}(t)$$

$$s(t) = s^{\wedge}(t) = \arg \min [(L_i)(t) \mid i = 1, 2, \dots, N], \text{ altrimenti}$$

Il reale positivo h , piccolo a piacere, è detto costante di isteresi, ed il criterio illustrato logica di commutazione con isteresi. Il fatto che i funzionali $(L_i)(\cdot)$, per effetto dell'operatore di massimo rispetto al tempo, siano tutti monotoni non decrescenti, e qualora tra gli N controllori candidati ce ne sia almeno uno stabilizzante il processo incerto P (e conseguentemente almeno uno dei suddetti funzionali sia limitato), porta a concludere che il CACS-NF termina le commutazioni in tempo finito (su un controllore che dicesi non-falsificato) e che il sistema controllato adattativamente risulta stabile, subordinatamente all'ipotesi di risolubilità del problema (esistenza di almeno un controllore candidato stabilizzante il processo). La dimostrazione di tale asserzione risulta essere diretta ed agevole. Comunque, assai meno onerosa di dimostrazioni di convergenza più limitative, proprie del controllo adattativo classico di tipo continuo. Ma di maggiore rilevanza è il fatto che con il CACS-NF le proprietà dimostrate abbiano colmato finalmente il divario di durata almeno quarantennale tra le irrinunciabili aspettative di affidabilità che erano attese dal controllo adattativo, e la frustrazione dovuta ai condizionamenti restrittivi derivanti da ipotesi troppo limitative per consentirne un impiego sicuro nelle applicazioni pratiche.

Una duplice critica può tuttavia ancora essere mossa al CACS-NF: 1) la sua tendenza ad esibire transitori alquanto pronunciati prima di pervenire a commutare in retroazione al processo l'unità di controllo finale, e: 2) inabilità a gestire processi tempo-varianti, inabilità questa causata dalle richieste condizioni di stazionarietà implicate dall'ipotesi di convergenza dei funzionali di test per la commutazione.

Il caso volle che nella tarda primavera del 2005 chi scrive si trovasse, assieme ad altri colleghi, a tenere alcuni seminari sui recenti sviluppi del controllo automatico, seminari che vennero ripetuti in tre diversi centri di ricerca europei. Tra i suddetti colleghi era presente anche Safonov cui era stato chiesto di presentare il CACS-NF, essendone egli stato il principale proponente ed autore dei lavori scientifici che erano andati diffondendolo tra la comunità dei ricercatori del controllo automatico. L'esposizione di Safonov consentì, a chi l'ascoltava, un agevole accesso alla teoria fino ad allora elaborata, ed a chi scrive anche un naturale collegamento con alcune sue ricerche, da poco terminate, su problematiche similari, particolarmente focalizzate sul necessario pre-filtraggio in frequenza dei dati in schemi di controllo a commutazione in presenza di dinamiche non modellate e basati sull'uso del riferimento virtuale²¹. Ciò stimolò l'avvio di

²¹ E. Mosca, T. Agnoloni, *Inference of candidate loop performance and data filtering for switching supervisory control*, «Automatica», 37, 2001, pp. 527-534.

un'attività di ricerca che culminò infine nel superamento delle difficoltà ai punti 1)²² e 2)²³ sopra indicati. È utile sottolineare come il superamento, cui qui si accenna, avvenga attraverso l'elaborazione di un nuovo approccio al controllo adattativo a commutazione non-falsificato, denominato MUASC (*Multimodel Adaptive Switching Control*), consistente essenzialmente: nel reintrodurre, come nella prima versione del CACS, un insieme di modelli con i quali i controllori candidati risultino in sintonia; nell'avvalersi dei risultati per il pre-filtraggio in frequenza dei dati sopracitato; e nell'usare come funzionali di test per la commutazione estensioni di quelli sopra descritti per il CACS-NF, sempre in forma di rapporti tra appropriate energie di segnali. Questo ed altri recenti risultati, realizzatisi spesso grazie ad un'avanzamento della teoria reso possibile anche in virtù dei contributi diversificati originati da più gruppi di ricerca distinti, consente di giudicare positivamente l'attività di ricerca svolta nell'ultimo quarantennio sul tema del controllo adattativo, e guardare con fiducia al consolidarsi di un uso della teoria in quelle applicazioni pratiche ove i processi da controllare risultano tipicamente incerti e tempo-varianti.

Chi scrive vuole infine esprimere la sua gratitudine ai tanti che, con il loro lavoro scientifico, lo hanno indotto ad indirizzare il proprio interesse su un tema così rilevante dell'ingegneria dell'automazione quale quello del controllo adattativo: gratitudine che parimenti avverte di dover estendere ai numerosi allievi con i quali ha condiviso il piacere di intense e fruttuose ricerche, in tempi in cui un diffuso convincimento che ciò realizzasse genuinamente la formazione universitaria, stimolava il conseguente reciproco necessario impegno accademico.

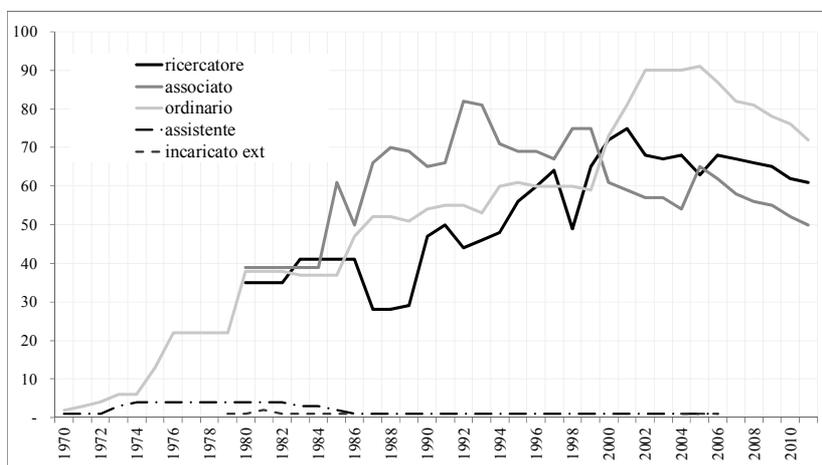
²² S. Baldi, G. Battistelli, E. Mosca, P. Tesi, *Multi-model unfalsified adaptive switching supervisory control*, «Automatica», 46, 2010, pp. 249-259.

²³ G. Battistelli, J. Hespanha, E. Mosca, P. Tesi, *Model-free adaptive switching control of time-varying plants*, «IEEE Trans. Automat. Control», 58, 2013, pp. 1208-1220.

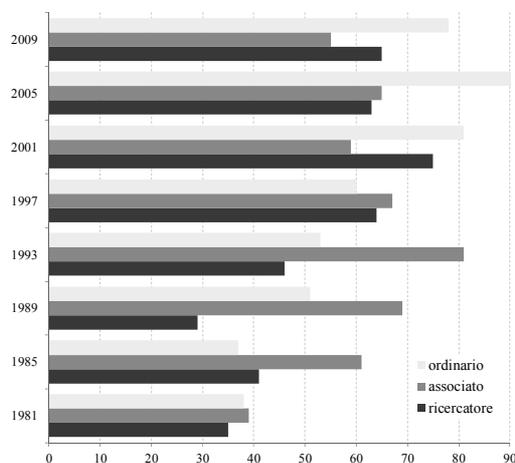
I DOCENTI

In questa sezione si riportano alcuni dati relativi al corpo docente della Facoltà di Ingegneria dell'Università di Firenze. In particolare, per il periodo che va dalla nascita della Facoltà ad oggi, sono stati raccolti i dati sull'andamento temporale della consistenza del corpo docente e sulla sua distribuzione per alcuni anni di *benchmark*, distinguendo fra ricercatori, professori associati, e professori ordinari.

Nella Tabella XI è infine riportato, in ordine alfabetico, l'elenco di tutti i docenti di prima fascia che hanno insegnato presso la Facoltà, specificandone, con riferimento all'attuale denominazione, il relativo settore scientifico disciplinare (SSD) di appartenenza.



Andamento temporale della consistenza del corpo docente della Facoltà di Ingegneria dell'Università di Firenze dalla nascita della Facoltà ad oggi.



Distribuzione del corpo docente della Facoltà di Ingegneria per alcuni anni *benchmark*.

Tabella XI – I docenti di prima fascia della Facoltà di Ingegneria dell'Università di Firenze, con relativo settore scientifico disciplinare (SSD) di appartenenza (riferimento all'attuale denominazione).

Cognome	Nome	SSD – Settore Scientifico Disciplinare
Allotta	Benedetto	Meccanica Applicata alle Macchine
Aminti	Pier Luigi	Costruzioni Idrauliche e Marittime e Idrologia
Angotti	Franco	Scienza delle Costruzioni
Anichini	Giuseppe	Analisi Matematica
Arnone	Andrea	Sistemi per l'Energia e l'Ambiente
Atzeni	Carlo	Elettronica
Augusti	Giuliano	Scienza delle Costruzioni
Bacci	Tiberio	Scienza e Tecnologia dei Materiali
Bandelloni	Martino	Ingegneria Economico-Gestionale
Barbuti	Ugo	Analisi Matematica
Bartoli	Lando	Architettura Tecnica
Becchi	Ignazio	Costruzioni Idrauliche e Marittime e Idrologia
Belleni Morante	Aldo	Meccanica Razionale
Benelli	Cristiano	Fondamenti Chimici delle Tecnologie
Bianchini	Roberto	Chimica Organica
Biffi Gentili	Guido	Campi Elettromagnetici
Borchi	Emilio	Fisica Generale
Borri	Claudio	Scienza delle Costruzioni
Bucci	Giacomo	Sistemi di Elaborazione delle Informazioni
Calamia	Mario	Campi Elettromagnetici
Caparrini	Pietro	Tecnologie Meccaniche
Capitani	Renzo	Progettazione Meccanica e Costruzione di Macchine
Cappellini	Vito	Telecomunicazioni
Carfagni	Monica	Disegno e Metodi dell'Ingegneria Industriale
Carnevale	Ennio Antonio	Sistemi per l'Energia e l'Ambiente
Castelli	Fabio	Costruzioni Idrauliche e Marittime e Idrologia
Catelani	Marcantonio	Misure Elettriche e Elettroniche
Cecchi	Mariella	Analisi Matematica
Chiarugi	Andrea	Tecnica delle Costruzioni
Chisci	Luigi	Automatica
Citti	Paolo	Costruzioni di Macchine
Ciuffi	Renzo	Costruzioni di Materiale Ferroviario
Colombo	Giuseppe	Ingegneria Economico-Gestionale
Corvi	Andrea	Bioingegneria Industriale

Tabella XI – (continuazione).

Cognome	Nome	SSD – Settore Scientifico Disciplinare
Dapporto	Paolo	Chimica
De Bartolomeis	Paolo	Geometria
De Lucia	Maurizio	Sistemi per l'Energia e l'Ambiente
De Plaisant	Uga	Disegno
Del Bimbo	Alberto	Sistemi di Elaborazione delle Informazioni
Del Puglia	Aldo	Costruzioni di Macchine
Del Re	Enrico	Telecomunicazioni
Del Taglia	Andrea	Tecnologie Meccaniche
Domenichini	Lorenzo	Costruzioni di Strade, Ferrovie ed Aeroporti
Fantacci	Romano	Telecomunicazioni
Fantechi	Alessandro	Sistemi di Elaborazione delle Informazioni
Federici	Giorgio Valentino	Costruzioni Idrauliche e Marittime e Idrologia
Finzi Contini	Giovanni	Geofisica Applicata
Fondelli	Mario	Topografia e Cartografia
Fontanella	Ferruccio	Calcolo Numerico
Franchetti	Simone	Analisi Matematica
Francini	Giuseppe	Elettronica Applicata
Frasconi	Paolo	Sistemi di Elaborazione delle Informazioni
Frosali	Giovanni	Fisica Matematica
Furi	Massimo	Analisi Matematica
Genesio	Roberto	Automatica
Giaquinta	Mariano	Analisi Matematica
Giovannetti	Giorgia	Economia Politica
Giuli	Dino	Telecomunicazioni
Grazzini	Giuseppe	Fisica Tecnica Industriale
Iuculano	Gaetano	Misure Elettriche e Eletttroniche
Johnson	Russell Allan	Analisi Matematica
Lancieri	Fausto	Costruzioni di Strade, Ferrovie ed Aeroporti
Landucci	Mario	Geometria
Liberatore	Antonino	Elettrotecnica
Lisini	Giovanguilberto	Meccanica Applicata alle Macchine

Tabella XI – (continuazione).

Cognome	Nome	SSD – Settore Scientifico Disciplinare
Macconi	Maria	Analisi Numerica
Manes	Gianfranco	Elettronica
Manetti	Stefano	Elettrotecnica
Manfrida	Giampaolo	Macchine a Fluido
Mani	Fabrizio	Chimica
Marchesi	Carlo	Tecnologie Meccaniche
Marini	Mauro	Analisi Matematica
Marsili Libelli	Stefano	Automatica
Martelli	Francesco	Macchine a Fluido
Masotti	Leonardo	Elettronica
Modica	Giuseppe	Analisi Matematica
Modugno	Marco	Fisica Matematica
Montefusco	Luigi	Idraulica
Morandi	Rossana	Analisi Numerica
Mosca	Edoardo	Automatica
Nerli	Giovanni	Progettazione Meccanica e Costruzione di Macchine
Nesi	Paolo	Sistemi di Elaborazione delle Informazioni
Nuti	Franco	Architettura Tecnica
Paris	Enio	Idraulica
Pelosi	Giuseppe	Campi Elettromagnetici
Pera	Maria Patrizia	Analisi Matematica
Perdichizzi	Antonio	Sistemi Energetici
Pradelli	Giorgio	Chimica Applicata
Quilghini	Demore	Meccanica Razionale
Raspolini	Rodolfo	Composizione Architettonica e Urbana
Reale	Sergio	Progettazione Meccanica e Costruzione di Macchine
Righini	Roberto	Chimica Fisica
Risone	Paolo	Disegno e Metodi Dell'ingegneria Industriale
Ruffo	Stefano	Fisica della Materia
Ruggiero	Marco	Biologia Molecolare

Tabella XI – (continuazione).

Cognome	Nome	SSD – Settore Scientifico Disciplinare
Sacerdote	Fausto	Topografia e Cartografia
Sampoli	Marco	Fisica Sperimentale
Santoro	Paolo	Matematica Applicata
Schoen	Fabio	Ricerca Operativa
Selleri	Fabio	Scienza delle Costruzioni
Sirini	Piero	Ingegneria Sanitaria-Ambientale
Soda	Giovanni	Informatica
Spinelli	Paolo	Tecnica delle Costruzioni
Stecco	Sergio	Macchine
Stefani	Gianna	Analisi Matematica
Tesi	Alberto	Automatica
Tiberlo	Roberto	Campi Elettromagnetici
Toni	Paolo	Meccanica Applicata alle Macchine
Tortoli	Piero	Elettronica
Toth	Paolo	Ricerca Operativa
Tucci	Mario	Impianti Industriali Meccanici
Valli	Guido	Bioingegneria Elettronica e Informatica
Vannucchi	Giovanni	Geotecnica
Vezzosi	Gabriele	Geometria
Vicario	Enrico	Sistemi di Elaborazione delle Informazioni
Vignoli	Andrea	Scienza delle Costruzioni
Villari	Gaetano	Analisi Matematica
Viviani	Alessandro	Statistica Economica
Zanini	Antonio	Misure Elettriche ed Elettroniche
Zappa	Giovanni	Ricerca Operativa
Zecca	Pietro	Analisi Matematica
Zoccoli	Filippo	Costruzioni Idrauliche
Zoeggeler	Oswald	Composizione Architettonica e Urbana
Zompi	Antonio	Tecnologie Meccaniche

TRA GLI EX-STUDENTI

Come già illustrato nella sezione di questo libro *L'offerta didattica della Facoltà di Ingegneria*, nel 1970 l'articolazione della didattica prevedeva un biennio propedeutico con insegnamenti di base, a cui si aggiunse un triennio di applicazione distinto per i diversi corsi di laurea.

In particolare, nell'anno accademico 1970-71 vennero attivati il triennio di Ingegneria Elettronica, con indirizzi in telecomunicazioni, elaborazione dell'informazione e radio localizzazione, ed il triennio di Ingegneria Meccanica, con indirizzi in meccanica di precisione e meccanica tessile. Nell'anno accademico 1971-72 venne attivato il corso di laurea in Ingegneria civile, con insegnamenti diversificati per le tre sezioni edile, idraulica e trasporti.

Nelle due figure che seguono sono riprodotte parzialmente le prime pagine dei registri di presidenza della Facoltà relative all'elenco dei primi quindici laureati della Facoltà di ingegneria di Firenze. In particolare i primi laureati rispettivamente in Ingegneria meccanica, elettronica e civile sono stati:

- Elio Papini, laurea in Ingegneria meccanica conseguita il 10 giugno 1974, argomento della tesi *Studio sui moti di brutage di una locomotiva a tre assi* [relatore prof. ing. Vinicio Brandani]
- Tonino Turchetti, laurea in Ingegneria meccanica conseguita il 10 giugno 1974, argomento della tesi *Progetto di carro ferroviario a 40 assi per trasporti speciali autoportanti* [relatore prof. ing. Franco Fedele]
- Stefano Moscarelli, laurea in Ingegneria elettronica conseguita il 12 aprile 1975, argomento della tesi *Programmazione ed uso dell'elaboratore elettronico per acquisizione, elaborazione ed emissione di segnali vocali* [relatore: prof. Giuseppe Francini]
- Paolo Spinelli, laurea in Ingegneria civile (sezione edile) conseguita il 12 aprile 1975, argomento della tesi *Tensostrutture: indagine teorica e progetto per la copertura di una piscina olimpionica* [relatore: prof. Giuliano Augusti]

La prima donna laureata presso la Facoltà di Ingegneria di Firenze è Concetta Lombardi, laureata il 28/07/1975 in Ingegneria Elettronica con il prof. Leonardo Masotti. Soltanto due anni più tardi si laurea la seconda donna, Patrizia Failli, laureata il 14/03/1977 in Ingegneria Elettronica con il prof. Giorgio Sacerdoti.

N. DEL DIPLOMA E DATA DEL RILASCIO	COGNOME E NOME	LAUREA O DIPLOMA E DATA DI CONSEGUIMENTO	ARGOMENTO DELLA TESI	RELATORE
1 12 GIU. 1974	73-74 PAPINI ELIO	ING. MECCANICA 10. 1. 74	Studio sui moti di "brutage" di una locomotiva a tre assi.	Prof. Ing. Vinicio Brandani
2 12 GIU. 1974	TURCHETTI TONINO	ING. MECCANICA 10. 1. 74	Progetto di carro ferroviario a 40 assi per trasporti speciali autoportanti	Prof. Ing. Franco Fedele
3 23 LUG. 1974	BATI PIER LUIGI	ING. MECCANICA 27. 6. 74	Progetto di un carro ferroviario per trasporto autopedini da effettuarsi con treno a continuo tedesco posizione bloccata	Prof. Ing. Franco Fedele
4 23 LUG. 1974	DORIN MARIO	ING. MECCANICA 27. 6. 74	Progetto di un carro ferroviario biforcuto a cernelli	Prof. Ing. Eusebio Guasti
5 23 LUG. 1974	FIORESE RENATO	ING. MECCANICA 27. 6. 74	Uso dell'usina dell'utenaria in fornitura con calcolo di processo	Prof. Ing. Raffaele Bordini

Il primi laureati della Facoltà di Ingegneria di Firenze, riportato nella prima pagina del registro di presidenza relativo all'elenco dei laureati, sono Elio Papini, con argomento della tesi *Studio sui moti di brutage di una locomotiva a tre assi* (relatore prof. ing. Vinicio Brandani), e Tonino Turchetti, con una tesi dal titolo *Progetto di carro ferroviario a 40 assi per trasporti speciali autoportanti* (relatore prof. ing. Franco Fedele). Ambedue laureati in ingegneria meccanica il 10 giugno 1974.

N. DEL DIPLOMA E DATA DEL RILASCIO	COGNOME E NOME	LAUREA O DIPLOMA E DATA DI CONSEGUIMENTO	ARGOMENTO DELLA TESI	RELATORE
14 MAG 1975	PIANIGIANI ADRIO	ING. MECCANICA 19-12-74	Prove di fatica lenta su strutture tubolari: progetto, montaggio e messa a punto delle relative attrezzature	Prof. Ing. G. Lenzi
14 MAG 1975	MOSCARELLI STEFANO	ING. ELETTRONICA 12-4-75	Programmazione ed uso dell'elaboratore elettronico per acquisizione, elaborazione ed emissione di segnali vocali -	Prof. Francini Giuseppe
14 MAG 1975	PINELLI PAOLO	ING. CIVILE SEZ. EDILE 12-4-75	Tensostrutture: indagine teorica e progetto per la copertura di una piscina olimpionica -	Prof. Augusti Giuliano
14 MAG 1975	VIGNOLI ANDREA	ING. CIVILE SEZ. EDILE 12-4-75	Studio per un ponte trussato autoportante -	Prof. Augusti Giuliano
14 MAG 1975	DE RENZIS GIANCARLO	ING. CIVILE (Art. edile) 12-4-75	Viadotto in cemento armato precompresso	Prof. Ing. A. Chiarugi

Il primo laureato in Ingegneria Elettronica, riportato nella terza pagina del registro di presidenza relativo all'elenco dei laureati, è Stefano Moscarelli, laureato il 12 aprile 1975 con argomento di tesi *Programmazione ed uso dell'elaboratore elettronico per acquisizione, elaborazione ed emissione di segnali vocali* (relatore: prof. Giuseppe Francini). Nella stessa pagina del registro compare anche il primo laureato in Ingegneria Civile (sezione edile), Paolo Spinelli, laureato il 12 aprile 1975 con argomento di tesi *Tensostrutture: indagine teorica e progetto per la copertura di una piscina olimpionica* (relatore: prof. Giuliano Augusti).

I primi due ingegneri

La giovane facoltà di ingegneria dell'università di Firenze ha concesso ieri le prime due lauree della sua storia. I primi ingegneri « fiorentini » sono Elio Papini (a sinistra nella foto), di Figline Valdarno, e Tonino Turchetti, nato a Frosinone ma residente a Firenze. Ambedue ventiquattrenni, ambedue giunti al termine dei corsi di ingegneria meccanica. La commissione di laurea era presieduta dal preside professor Giuseppe Francini, ma relatore del Papini è stato il professor Vinicio Brandani, mentre il tema di laurea del Turchetti era curato dal professor Fedele Franco.

I problemi, attualissimi, dei trasporti ferroviari, sono stati al centro degli studi di laurea di ambedue i neo-ingegneri. Il giovane Elio Papini ha compiuto una ricerca su una locomotiva diesel idraulica, mentre il signor Turchetti ha ipotizzato la costruzione di un carro ferroviario a quaranta assi per trasporti eccezionali. Tutti e due devono ancora affrontare il servizio di leva, e il Turchetti, che è già sposato, parte già oggi per affrontare a Bologna il concorso per alievi ufficiali. Della facoltà che hanno frequentato i due giovani ingegneri si dichiarano molto soddisfatti, giacché è stato



loro assai utile la presenza del nuovo impianto scientifico nell'ambiente culturale fiorentino; continueranno ambedue a

frequentare, esercito permettendolo, per arrivare al più presto all'abilitazione professionale.

Articolo dal titolo *I primi due ingegneri*, apparso sul giornale «La Nazione» dell'11 gennaio 1974.

29/06/1975	LOMBARDI CONCETTA	ING. ELETTRONICA 28.7.75	Caratterizzazione del canale logotipico nell'ecografia divisa ad ultrasuoni	Prof. Leo Masotti Leonardo
14 MAR 1977	169 FAILLI PATRIZIA	ING. ELETTRONICA 15.12.1976	Qualità di una divisione ottica linee di digressione. Criteri di valu- tazione delle qualità del nuovo diagnostico e terapeutico in esse applicato.	Prof. G. Sacerdoti.

Le prime due donne laureate presso la Facoltà di Ingegneria di Firenze sono Concetta Lombardi, laureata il 28/07/1975 in Ingegneria Elettronica con il prof. Leonardo Masotti, e Patrizia Failli, laureata il 14/03/1977 in Ingegneria Elettronica con il prof. Giorgio Sacerdoti.

ASSOCIAZIONE DEGLI ALUMNI DI SANTA MARTA

Francesco Grasso

L'Associazione degli Alumni di Santa Marta è l'associazione dei laureati (*Alumni*) della Facoltà di Ingegneria dell'Università di Firenze, che nasce in occasione del quarantesimo anniversario della Facoltà di Ingegneria dell'Università di Firenze allo scopo di costituire una struttura di supporto e collegamento per tutti gli ingegneri ex-allievi della nostra Facoltà.

L'associazione, oltre a rappresentare un naturale punto di incontro tra gli ex-studenti di ingegneria, si pone come fine di aiutare gli studenti ed i neo-laureati nella programmazione della propria carriera professionale, creando un ponte di collegamento tra la formazione universitaria e il mondo dell'industria, e fornendo così un valido aiuto per l'orientamento nel mercato del lavoro.

Il modello a cui l'Associazione degli Alumni di Santa Marta si riferisce è quello delle associazioni anglosassoni e statunitensi, dalla antica e radicata tradizione. Come è noto, negli Stati Uniti le associazioni degli ex-studenti sono molto sviluppate, costituiscono un riferimento e offrono collaborazione con le realtà accademiche, i centri di ricerca, le industrie ed il mondo del lavoro in genere.

I benefici che ne derivano risultano spesso significativi. Le sinergie che si creano sono a vantaggio sia dei laureati, per le loro attività professionali, sia dei docenti e dei ricercatori delle università, per l'adeguamento della formazione e della ricerca, sia ovviamente delle industrie tecnologicamente all'avanguardia. In quest'ottica l'Associazione degli Alumni di Santa Marta consentirà la diffusione delle esperienze maturate dagli ingegneri ex-allievi, in campo professionale e industriale, per il miglioramento della didattica e della ricerca. Gli stessi laureati potrebbero disporre di notizie sulle nuove iniziative didattiche e scientifiche in modo da poter accedere alle relative fonti di aggiornamento.

Chi è laureato da poco probabilmente potrà essere interessato ai contatti con chi ha una maggiore esperienza e presenza nel mondo del lavoro. Chi ha già una posizione lavorativa consolidata conosce quanto siano importanti i rapporti con i colleghi. Per chi non è più interessato all'attività lavorativa può risultare gratificante trasmettere l'esperienza ai più giovani.

Conferenze, dibattiti, incontri, informazioni e scambi di esperienze, anche semplicemente per mezzo di un notiziario, costituiscono pertanto alcuni fra i principali e costanti riferimenti per i programmi dell'associazione.

Tra gli obiettivi principali dell'Associazione degli Alumni di Santa Marta, che non ha alcun fine di lucro, vale la pena evidenziare quello di mantenere e favorire relazioni amichevoli tra gli ingegneri ex-allievi della Facoltà; di promuovere iniziative culturali, incoraggiando contatti culturali e reciproche relazioni con le diverse realtà professionali e con le associazioni similari italiane ed estere; di promuovere iniziative a favore dei neolaureati e laureandi per coadiuvarli nell'inserimento nel mondo del lavoro; di svolgere indagini conoscitive e di monitoraggio sugli sviluppi della vita professionale degli ingegneri ex-allievi; di contribuire alla promozione dell'immagine dell'Ateneo fiorentino e delle sue attività, promuovendo la istituzione di premi a neolaureati in ingegneria segnalati dal rettore o designati da apposite commissioni; di organizzare incontri tra i soci ed in particolare il raduno annuale per festeggiare significativi anniversari di laurea degli ingegneri ex-allievi.

Gli strumenti di comunicazione

L'Associazione degli Alumni di Santa Marta per comunicare con i propri soci dislocati sia sul territorio nazionale che all'estero, si avvarrà di vari mezzi di comunicazione, mediante i quali potrà diffondere le varie notizie sulle iniziative, sugli eventi e sui temi di possibile interesse per gli associati.

Il sito *web* dell'Associazione degli Alumni di Santa Marta (<<http://www.associazionesantamarta.eu>>) costituirà lo strumento di base per fare incontrare e dialogare tra loro i soci, rappresentando al tempo stesso l'interfaccia tra l'associazione e il mondo esterno.

Tra le varie pagine del sito *web* quella dedicata alle iscrizioni consentirà ai nuovi soci di iscriversi all'associazione direttamente *on-line*.

Attraverso il sito *web* dell'associazione sarà possibile inoltre la gestione di una piattaforma informatica per le offerte di lavoro, anche attraverso l'utilizzo del *social network* LinkedIn (<<http://www.linkedin.com>>), utilizzato ormai da 150 milioni di professionisti in tutto il mondo, e il servizio offerto da AlmaLaurea (<<http://www.almalaurea.it>>), che dal 1994 rende disponibili *online* i curriculum vitae di più di un milione e mezzo di laureati dei 64 atenei italiani ponendosi come punto di incontro fra laureati, università e aziende.

Periodicamente l'Associazione degli Alumni di Santa Marta prevede di pubblicare il «Santa Marta News», Newsletter dell'Associazione degli Alumni di Santa Marta, un notiziario in formato elettronico diffuso attraverso la *mailing list* degli associati e scaricabile direttamente dal sito *web* dell'associazione.

Altre associazioni di alumni in Italia

Senza la pretesa di fare una rassegna esaustiva, lo scopo di questa sezione è ricordare la presenza di alcune associazioni di ex-alumni attualmente esistenti in Italia:

- Associazione Villa Favard della Facoltà di Economia dell'Università di Firenze (<<http://www.favard.it>>);
- Sapienza AeRospace Alumni (<<http://www.ingaero.uniroma1.it>>), che fa riferimento al Consiglio d'Area Didattica di Ingegneria Aerospaziale della Sapienza, Roma;
- Associazione Laureati in Ingegneria di Tor Vergata, Università di Roma (<<http://www.alitur.org>>);
- Associazione Ingegneri e Architetti ex-allievi del Politecnico di Torino (<<http://www.alumnipolito.it>>);
- Associazione ex-allievi della Scuola Superiore Sant'Anna (<<http://www.sssup.it>>);
- Associazione degli Alumni del Collegio Superiore dell'Università di Bologna (<<http://www.collegio.unibo.it>>);
- Associazione Alumni Federico II (<<http://www.alumni.unina.it>>) dell'Università degli Studi di Napoli Federico II;
- Associazione Laureati Ateneo Pisano (ALAP, <<http://www.alap-pisa.it>>);
- Associazione Alumni dell'Università degli Studi di Pavia (<<http://www-5.unipv.it/alumni>>);
- Alumni Scuola Galileiana (<<http://www.alumniscuolagalileiana.it>>) della Scuola Galileiana di Studi Superiori dell'Università di Padova.



La sede storica della Facoltà di Ingegneria dell'Università di Firenze in via di Santa Marta, 3 a Firenze.



Sul territorio fiorentino l'associazione di laureati più significativa è l'Associazione Villa Favard della Facoltà di Economia, che prende il nome dal palazzo Favard, sede della Facoltà di Economia fino al 2004, in via Curtatone angolo Lungarno Vespucci, una delle ultime grandi residenze nobiliari del centro di Firenze, realizzata dall'architetto fiorentino Giuseppe Poggi.

PARTE III

LA FACOLTÀ DI INGEGNERIA ED IL TERRITORIO FIORENTINO

■ DINFO e il Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione dell'Università di Firenze

Qui la ricerca genera fatturato

Laurea triennale e magistrale oltre a un dottorato in Ingegneria dell'informazione

Con il varo della riforma il volto dell'Università italiana è radicalmente cambiato. Non esistono più le Facoltà, ma solo le Scuole e i Dipartimenti, ora più grandi e più omogenei di un tempo, e, soprattutto, più influenti e autonomi. In grado di impostare una propria policy e avere precisi indirizzi strategici nel sempre più competitivo mercato delle risorse e dei finanziamenti per la ricerca. Un campo in cui il Dinfo (Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione), uno dei 24 dipartimenti dell'Università di Firenze, si muove con successo e determinazione: dodici milioni di euro (esclusi i costi del personale struttural-

to) con previsione di crescita è il budget per il 2013, per uno staff di 68 professori e ricercatori, 23 tecnici e amministrativi e 126 giovani fra post-doc e studenti di dottorato, vero investimento per il futuro. Al Dinfo afferiscono due corsi di laurea triennale (Ingegneria elettronica e delle telecomunicazioni, Ingegneria informatica), cinque corsi di laurea magistrale (Ingegneria elettronica e delle telecomunicazioni, Ingegneria informatica, Ingegneria elettrica e dell'automazione, Ingegneria delle telecomunicazioni) e un corso di dottorato in Ingegneria dell'Informazione per un totale di circa 1.400 studenti. Perché sono loro, gli studenti, il fine ultimo delle attività di didattica e ricerca e i portatori delle idee senza le quali tutto il resto avrebbe ben poco senso. Il Dinfo è il dipartimento di riferimento per le Tecnologie dell'Informazione e della Comunicazione (Ict, Information and Communications Technology), nel cui ambito svolge ricerche avanzate di automatica, elettronica, informatica, telecomunicazioni, elettro-



Montaggio della caldera dello Stromboli mediante un radar progettato dal Dinfo

magnetismo, ma anche di ricerca operativa, bioingegneria e elettrotecnica. Studia e progetta reti wireless, radar, sensori e apparati elettronici, software avanzato, sistemi ad ultrasuoni, satellitari, di controllo e telerilevamento, di elaborazione e interpretazione di contenuti multimediali, di supporto alle decisioni, di sicurezza e protezione dell'informazione e telematici. Fa ricerca in settori apparentemente diversi, ma tutti ca-

Sistema a interazione naturale progettato da ricercatori del Dinfo installato a Palazzo Medici Riccardi a Firenze

ratterizzati dall'acquisizione, elaborazione, trasmissione e utilizzazione dell'informazione e della conoscenza, risorse essenziali della nuova società. Il Dinfo affersce inoltre a vari centri e consorzi interuniversitari, tra i quali si segnalano il CnIt (Consorzio nazionale interuniversitario per le telecomunicazioni), il Meca

(Microwave engineering center for space applications) e il Midra (Multidisciplinary Institute for development research and applications), che svolgono un ruolo importante nel panorama nazionale di cooperazione scientifica di alto livello fra le università e le imprese. Quella del Dinfo è una realtà italiana importan-

te, proiettata nel futuro ma con radici ben piantate nella storia e tradizione dell'ateneo fiorentino. Nei primi anni del secondo dopoguerra Nello Carrara, compagno di studi di Enrico Fermi, costituiti a Firenze l'Iros (Istituto di ricerca delle onde elettromagnetiche) del Cnr. Quel nucleo di ricercatori all'avanguardia nel campo dell'elettronica e delle microonde avrebbe contribuito significativamente, anni dopo, nel 1972, a fondare la facoltà di Ingegneria fiorentina, da sempre molto legata all'industria ad alto contenuto tecnologico. Non è certo un caso che oltre un quarto del budget di ricerca del Dinfo provenga da contratti diretti con aziende e che il dipartimento abbia dato origine a diversi spin-off. Le altre principali fonti di finanziamento sono la Comunità europea, il Miur e la regione Toscana. E anche questo non è un caso. La ricerca oggi ha questa doppia anima: prospettive globali e realtà locale. Solo per citare un paio di esempi: smart cities e beni culturali, due settori in cui il Dinfo, così come l'università di Firenze nel suo complesso, sono protagonisti e in cui si contano tecnologie interdisciplinari frutto di collaborazioni internazionali e applicazioni a misura del territorio. Moltiplici e in settori diversi sono le realizzazioni con applicazioni pratiche, come quelle nelle figure, anche in collaborazione con l'industria.

Ambiti di ricerca accuminati dall'acquisizione, elaborazione, trasmissione e utilizzazione dell'informazione

L'articolo *Qui la ricerca genera fatturato* apparso su «Il Sole 24 Ore» del 13 maggio 2013 dedicato alle ricerche del Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione (DINFO) dell'Università di Firenze, Dipartimento in cui è confluito sia il Dipartimento di Elettronica e Telecomunicazioni sia quello di Sistemi e Informatica.

INTRODUZIONE ALLA PARTE III

In questa III parte si apre un limitato spazio all'attività di ricerca svolta dai Dipartimenti dell'area dell'ingegneria. Questo spazio è stato coordinato dai curatori, i quali si sono avvalsi della collaborazione di alcuni colleghi degli stessi Dipartimenti. Questi hanno sinteticamente illustrato ricerche legate al territorio fiorentino, scegliendole fra quelle che, a loro giudizio, erano le più significative.

Lo scopo di questo spazio non è certo quello di affiancare alla storia della Facoltà quella dei Dipartimenti che, come è noto, sono la sede della ricerca scientifica, ma più semplicemente quello di dare testimonianza, con alcuni esempi, di un ruolo che la presenza della Facoltà ha svolto, in una dimensione certamente rilevante, sullo stesso territorio fiorentino.

Dai pur semplici spunti di seguito riportati si può sottolineare la ricchezza di temi e la loro apertura verso un approccio metodologicamente corretto del ruolo dell'Università nei confronti del territorio immediatamente vicino.

Le ricerche descritte lasciano intravedere una quantità di contratti di ricerca stipulati con le istituzioni e con il mondo produttivo sia industriale sia dei servizi che certamente ha contribuito ad accrescere efficienza e produttività.

Del resto è innegabile l'importanza strategica per un territorio del legame tra mondo accademico, enti locali e realtà industriali presenti. Solo grazie a questo stretto rapporto di interscambio è possibile infatti assicurare il continuo trasferimento culturale, scientifico e tecnologico tra i diversi attori presenti sulla scena, presupposto fondamentale per la nascita e lo sviluppo di quelle 'eccellenze' che sole possono garantire concrete prospettive di crescita economica ed occupazionale, tanto ambite soprattutto nei periodi di crisi, come quello che stiamo attualmente attraversando.

Ma questo è un aspetto che i Dipartimenti potrebbero più pertinentemente documentare quando avvertiranno l'esigenza di fare una sintesi di tanti anni (certamente più di 40) di attività di ricerca suggerita dal contesto fiorentino e ad esso destinata e dall'interazione con i molti studenti poi laureati che, svolgendo ruoli importanti nelle istituzioni e nel mondo del lavoro, hanno mantenuto uno stretto legame con la loro Facoltà.

L'INGEGNERIA FERROVIARIA E LA NAVIGAZIONE INERZIALE

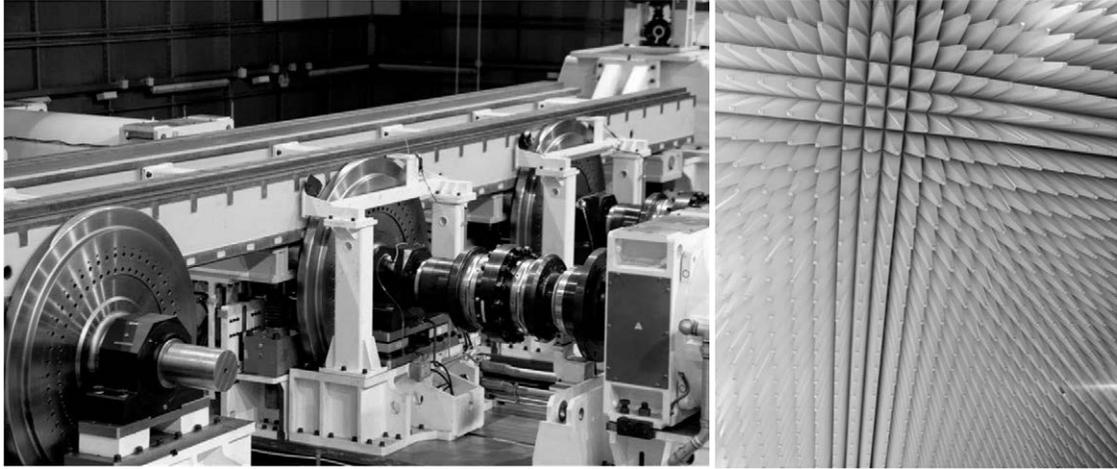
Benedetto Allotta¹, Paolo Toni¹

Firenze è stata per più di un secolo la capitale italiana del veicolo ferroviario e continua ad esserlo. Giusto per citare alcuni esempi, a Firenze sono stati progettati rotabili ferroviari fino ai primi anni 80; Pistoia, facente parte dell'area vasta fiorentina, ospita l'Ansaldo-Breda, unica azienda produttrice di materiale rotabile a capitale italiano e l'ECM SpA, solida società del settore del segnalamento ferroviario in continua espansione nonostante la crisi industriale e finanziaria mondiale successiva al 2008. Ultimo ma non per questo meno importante, Firenze ospita il nuovo Centro di Dinamica Sperimentale dell'Osmannoro (Firenze) attualmente gestito dal ITALCERTIFER SpA, società del gruppo FS SpA, di cui l'Università di Firenze è socia insieme ad altri tre atenei italiani (Politecnico di Milano, Università di Pisa e Università di Napoli 'Federico II'). Ricercatori fiorentini hanno partecipato attivamente al processo di specifica dei banchi prova presenti nel centro dell'Osmannoro, incluso l'innovativo banco a rulli per la prova di locomotive in camera semianecoica, e partecipano alle attività sperimentali e di certificazione che vi si svolgono.

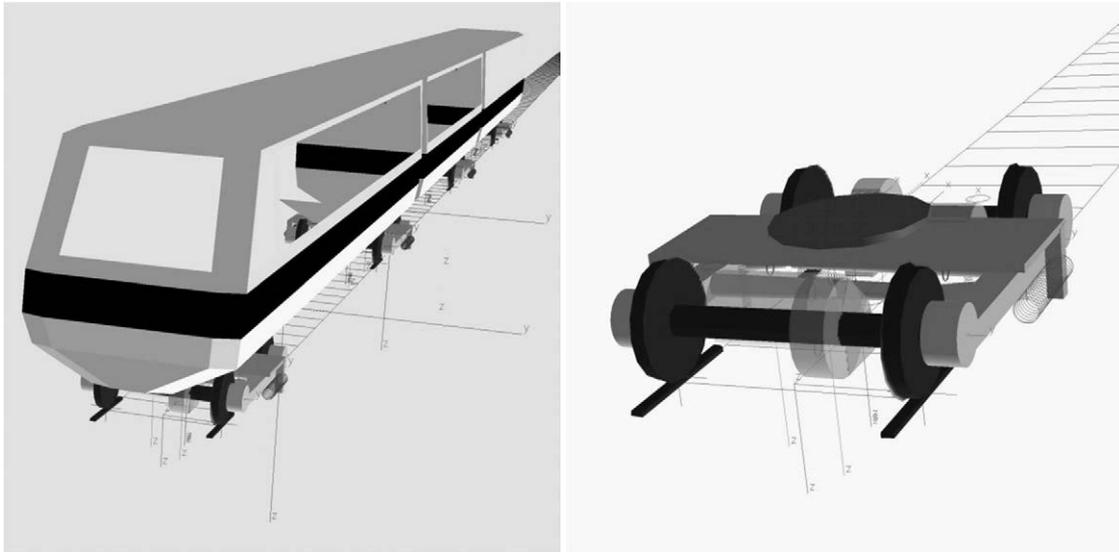
La Scuola di Ingegneria dell'Università di Firenze ha giocato in passato e gioca tuttora un ruolo chiave nella ricerca e nella formazione nel settore ferroviario. Il Sistema di Controllo Marcia Treno, oggi installato praticamente su tutti i treni e tutte le linee della Rete Ferroviaria Italiana ha un cuore, ovvero il sistema di stima della posizione e della velocità del treno (algoritmo odometrico), concepito all'Università di Firenze. Infatti la versione del *software* odometrico che attualmente 'gira' sui computer di bordo dei treni italiani è il frutto di una commessa di ricerca di Trenitalia all'allora Dipartimento di Energetica 'Sergio Stecco' risalente ai primi anni del 21° secolo. Molte pubblicazioni scientifiche sono state prodotte sull'argomento da ricercatori fiorentini ma è particolare motivo d'orgoglio il fatto che il codice di calcolo che contribuisce a rendere più sicuro il trasporto ferroviario italiano sia 'Made in Florence'. Una pietra miliare nel consolidamento delle relazioni con il territorio è stata la creazione nel 2008 del Laboratorio di Modellazione Dinamica e Meccatronica (MDM Lab), grazie a locali messi a disposizione dalla Provincia di Pistoia presso l'Istituto di istruzione secondaria superiore 'Fermi-Fedi' di Pistoia. MDM Lab Pistoia è stato il centro delle attività svolte dalla Scuola di Ingegneria sul territorio in collaborazione con grandi e piccole aziende locali. Da una decina d'anni ricercatori di MDM Lab collaborano con Ansaldo-Breda in attività di verifica del comfort e della sicurezza di marcia di nuovi veicoli ferrotramviari.

L'esperienza sulla localizzazione dei treni maturata nell'ambito del progetto SCMT ha aperto le porte a molte prestigiose collaborazioni con aziende ed enti normatori nel settore del segnalamento ferroviario, tra cui Ansaldo STS SpA, ECM SpA, UIC (*Union Internationale des Chemins de fer* o *International Railway Union*). Nel frattempo anche le tecnologie utilizzate si sono evolute dal semplice odometro che sfrutta le informazioni di velocità di uno o più assi del treno, a mo' di contachilometri automobilistico, alla fusione sensoriale che aggiunge informazioni inerziali, ovvero accelerazioni e velocità angolari del veicolo, al processo di stima della posizione e della velocità del treno. Nell'ambito del progetto COINS, finanziato dalla ECM SpA di Pistoia nell'ambito di un progetto della Regione Toscana, la navigazione inerziale, per decenni utilizzata in ambito aeronautico e sottomarino, è diventata un elemento importante per la navigazione dei treni! L'aggiunta delle informazioni inerziali consente infatti di rendere molto più preciso il sistema di localizzazione dei treni aumentando la sicurezza e l'efficienza del servizio ferroviario.

¹ Dipartimento di Ingegneria Industriale



Il banco a rulli per prova locomotive in camera semianecoica presente presso il Centro di Dinamica Sperimentale dell'Osmannoro (Firenze): a sinistra un dettaglio del banco, a destra la copertura anecoica.



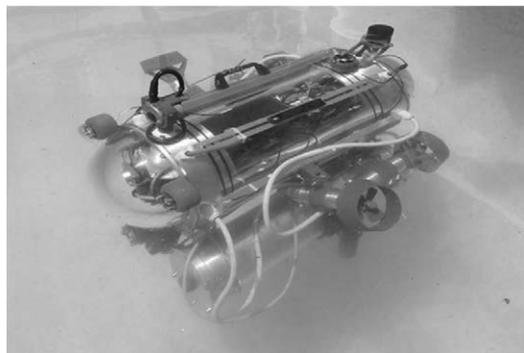
Modello di simulazione dinamica di Metro Brescia; a destra il dettaglio di un carrello.

LA ROBOTICA SOTTOMARINA

Benedetto Allotta¹, Paolo Toni¹

Sebbene l'Ingegneria Ferroviaria e la Robotica siano campi molto lontani tra loro, in realtà dalla navigazione inerziale alla robotica sottomarina il passo è molto breve. I ricercatori fiorentini hanno infatti saputo mettere a frutto le conoscenze e le competenze possedute ed acquisite nel settore della navigazione di veicoli (sebbene ferroviari!) per realizzare dei robot capaci di navigare sott'acqua e metterli al servizio della conoscenza e della tutela del patrimonio culturale ed archeologico sommerso nei nostri mari. È così nato il progetto THESAURUS (<<http://thesaurus.isti.cnr.it/>>), finanziato dalla Regione Toscana e dedicato allo sviluppo di uno sciame di robot sottomarini capaci di comunicare acusticamente tra loro – alla maniera dei cetacei – e cooperare ad una profondità operativa fino a 300 m, con lo scopo di censire, mappare e documentare il patrimonio archeologico ed etno-antropologico subacqueo dell'arcipelago toscano.

La vocazione marinara di Firenze si è manifestata ancora una volta, sebbene con il supporto fondamentale del territorio e delle istituzioni pistoiesi, ed è stata realizzata una classe di veicoli innovativi e ad alte prestazioni scherzosamente chiamata 'Tifone' ispirandosi con simpatia al famoso film *Caccia ad Ottobre Rosso* interpretato da Sean Connery. Il primo esemplare di veicolo classe Tifone, equipaggiato con un sistema di visione artificiale stereo, un sistema di illuminazione a luce strutturata ed un sonar a scansione laterale (SSS, *Side-Scan Sonar*) è stato sperimentato con successo nel febbraio del 2013 nel lago di Roffia a San Miniato, Pisa (<<http://www.rai.tv/dl/RaiTV/programmi/media/ContentItem-c617031a-b1f0-411a-9edf-cd39bb52a893-tg2.html?iframe>>), mentre nel luglio del 2013 sono state effettuate le prime prove in mare del veicolo (<<http://www.youtube.com/watch?v=ctZoL0VcjXg>>). Il progetto THESAURUS ha avuto vari *spin-off* tra cui la formazione di una nutrita schiera di giovani con avanzate competenze nel settore della robotica marina e l'approvazione da parte della Commissione Europea del Progetto FP7 ARROWS (*ARchaeological RObot systems for the World's Seas*, <<http://www.arrowsproject.eu/>>), coordinato dall'Università di Firenze e dedicato allo sviluppo di sistemi robotici a basso costo per l'indagine archeologica e la tutela del patrimonio sommerso. Un importante successo è stato il terzo posto conseguito nel luglio 2013 dalla squadra dell'Università di Firenze nell'ambito della competizione studentesca internazionale SAUC-e 2013 (*Student Autonomous Underwater Competition – Europe*) organizzata dalla NATO (<<http://www.cmre.nato.int/index.php/news-room/blog-news-archive/42-rokstories/233-the-university-of-cambridge-wins-sauc-europe-13-at-cmre>>).



Il robot FeelHippo in una prova di messa a punto in piscina.

¹ Dipartimento di Ingegneria Industriale



Il primo esemplare di robot classe Tifone in navigazione sul lago di Roffia (San Miniato, Pisa).



Il team dell'Università di Firenze che ha partecipato al SAUC-e 2013 con, in primo piano, il robot FeelHippo progettato e realizzato per la gara NATO SAUC-e 2013.



Il diploma di terzo classificato assegnato al team dell'Università di Firenze per la presentazione del robot FeelHippo alla competizione NATO SAUC-e 2013.

PROGETTAZIONE AERODINAMICA AVANZATA APPLICATA ALLA VELA

Andrea Arnone¹, Andrea Schneider¹

Malgrado la distanza dal mare, il territorio fiorentino nasconde un animo marinaro. La vela in particolare suscita passione in molti. Dal punto di vista scientifico è un mezzo ricco di interesse per l'interazione aerodinamica che si crea tra i due mezzi fluidi in cui si muove l'imbarcazione. Da un punto di vista progettuale è tema di enorme interesse (e complessità) per la varietà dei fenomeni fisici coinvolti.

Tradizionalmente, la progettazione della carena, delle appendici e delle vele è sempre stata legata all'estro, all'inventiva ed all'esperienza sia del progettista che del velaio. Senza alcuna conoscenza specifica di aerodinamica, generazioni di velai si sono sfidati in una costante ricerca empirica del profilo più performante, affidandosi esclusivamente al proprio intuito. Questo, se da un lato ha contribuito all'immagine poetica che la vela offre di sé, per molto tempo ha costituito un limite allo sviluppo tecnologico.

Vedere in questi giorni i catamarani impegnati nell'America's Cup a San Francisco, sfrecciare ad oltre 40 nodi volando su dei *foil* come degli aliscafi, spinti da un profilo in carbonio più simile all'ala di un aereo che ad una vela, sarebbe parso un sogno solo pochi anni fa.

In particolare, se si pensa alle competizioni, negli ultimi decenni si è assistito ad un sempre maggiore utilizzo di strumenti di progetto di derivazione aerospaziale. Gli attori presenti sul mercato (velerie, progettisti e cantieri, spesso di piccola dimensione) necessitano quindi di un supporto per poter competere nel mercato globale. È stato grazie alla passione per la vela di alcuni docenti e laureandi del Dipartimento di Energetica 'Sergio Stecco', che nel 1997 sono state svolte alcune tesi di laurea mirate a stimolare una maggiore interazione tra il mondo della ricerca accademica e quello della progettazione avanzata di barche da regata.

Gli immediati riscontri ottenuti sui campi di regata hanno stimolato l'Università ed alcune industrie a fondare un consorzio (ICAD) al fine anche di offrire uno sbocco ai giovani ricercatori appassionati di aerodinamica delle barche a vela. ICAD (*International Consortium for Advanced Design*) è un consorzio tra Università e industrie non a scopo di lucro il cui fine è quello di promuovere interazioni e scambi fra industrie, centri di ricerca ed istituzioni accademiche attraverso programmi innovativi di ricerca nel campo della progettazione aerodinamica. Oltre all'Università di Firenze, ICAD è stata fondata da una dinamica veleria del territorio fiorentino (Veleria Marco Holm, Campi Bisenzio, Firenze) e da un rinomato cantiere che fa parte del polo viareggino per la nautica da diporto (Vismara marine).

Fin dalla sua fondazione, ICAD lavora su un progetto di ricerca a lungo termine mirato all'innovazione nel progetto aerodinamico delle imbarcazioni a vela. Lo scopo è quello di introdurre metodologie e strumenti di progetto tipici della ricerca aerodinamica avanzata, mettendo così a frutto la decennale l'esperienza della Facoltà di Ingegneria in campo aerospaziale. Con questo obiettivo, nel 2000, è stata varata una imbarcazione da regata (Grand Soleil 34.1) frutto di una serie di attività di ricerca sulla progettazione aerodinamica delle vele e delle appendici (timone e lama di deriva). L'imbarcazione ha poi partecipato, con un equipaggio composto da ricercatori ed ingegneri della Facoltà fiorentina, ad una esaltante stagione agonistica culminata con la vittoria del prestigioso Trofeo Accademia Navale e città di Livorno, nell'anno 2001. L'imbarcazione ha inoltre vinto per due anni consecutivi il campionato toscano di vela d'altura (nel 2002 e 2003) e si è piazzata seconda ai campionati del mediterraneo, classe IRC, nel 2002. I successi agonistici hanno permesso ad ICAD di avviare la collaborazione con Mascalzone Latino, sfidante alla 31-esima America's Cup tenutasi nelle acque neozelandesi nel 2003, ed in seguito con Desafio Espanol, semifinalista della Louis Vuitton Cup nel 2007 nelle acque di Valencia.

¹ Dipartimento di Ingegneria Industriale



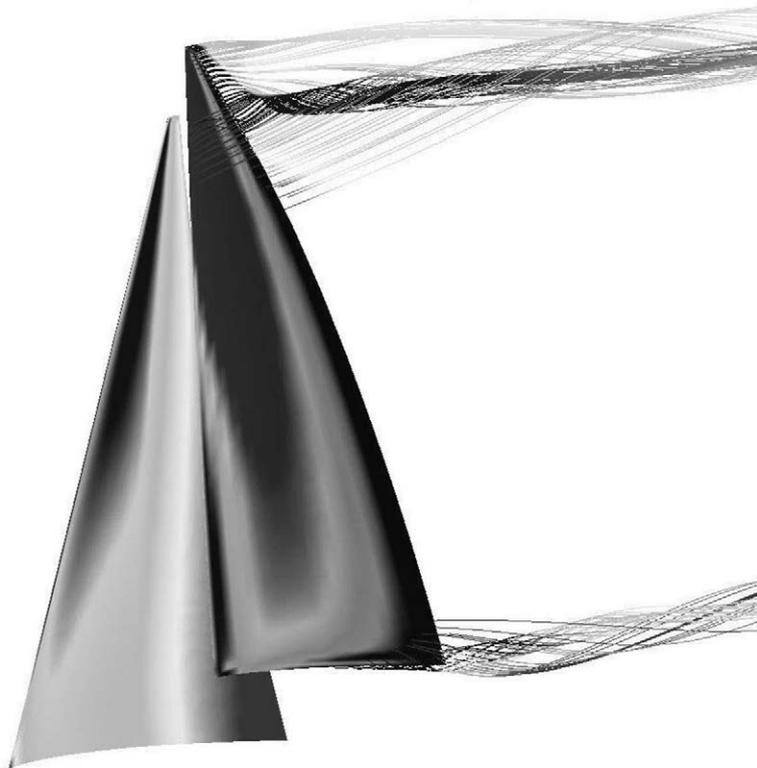
Il varo dell'imbarcazione.



L'equipaggio in falchetta durante un lato di bolina.



Campo di pressione intorno alle vele e sistema d'onde generate dalla carena (calcolo numerico CFD).



Campo di pressione sulle vele e visualizzazione delle linee di flusso. Sono riconoscibili i vortici di estremità che si formano a causa della generazione di portanza.

STUDI E ANALISI DEL COMPORTAMENTO STATICO E DINAMICO DI EDIFICI MONUMENTALI

Gianni Bartoli¹

Nell'ambito degli studi e delle analisi del comportamento statico e dinamico di edifici a carattere monumentale, il Dipartimento di Ingegneria Civile ha sempre svolto un ruolo di assoluta rilevanza in ambito fiorentino, nazionale ed internazionale. Per molti anni, tale attività è ruotata intorno alla figura carismatica del prof. Andrea Chiarugi che, per più di venti anni, ha fatto da riferimento scientifico e da guida in molti degli studi svolti in questo settore, ad iniziare da quelli, veramente pionieristici, che negli anni '70 e '80 del '900 hanno visto la sezione di ingegneria strutturale dell'allora Istituto di Ingegneria civile impegnato nel Foro Romano a indagare sulla stabilità del Colosseo, del Tempio di Romolo, della colonna di Foca e del colonnato del Tempio di Marte Ultore. L'esperienza e le tecniche sperimentali messe a punto segnarono una svolta. Si aprì una strada su come intervenire sulle strutture monumentali in maniera assolutamente non invasiva, ad individuare i rimedi e soprattutto a misurarne l'efficacia con tecniche di tipo dinamico.

È quindi iniziata, a partire dalla metà degli anni '80, una consistente attività di ricerca indirizzata allo studio del comportamento della Cupola di Santa Maria del Fiore a Firenze, con le prime modellazioni numeriche e le prime interpretazioni sulle cause che hanno generato il quadro fessurativo presente nel monumento.

A seguito del montaggio del ponteggio per il restauro degli affreschi di Zuccari e Vasari, è stato installato un esteso sistema di monitoraggio statico (in funzione dal 1988); la ricerca è quindi proseguita con la definizione di modelli numerici sempre più sofisticati e con l'utilizzo di tecniche avanzate di analisi statistica, che hanno consentito di fornire un'interpretazione ormai chiara dei fenomeni in atto nella cupola brunelleschiana.

Alla fine degli anni '80, sul monumento sono state effettuate analisi di tipo dinamico (sfruttando le oscillazioni indotte dal vento, sicuramente uno dei primi casi di identificazione dinamica sotto forzanti ambientali) e prove mediante l'utilizzo di martinetti piatti per la valutazione dello stato tensionale nelle murature, tecniche all'epoca innovative ed oggi di larga diffusione. Lo studio del comportamento strutturale della Cupola, sebbene iniziato più di venti anni fa, rappresenta tuttora un settore di ricerca molto attivo, dato l'interesse e l'attenzione che a questa opera vengono rivolte in ambito mondiale.

L'esperienza maturata nel corso degli anni '90 ha consentito di espandere il raggio di azione verso molti altri monumenti, principalmente nell'ambito del panorama fiorentino e toscano. Solo per citarne alcune, si possono ricordare le analisi condotte a Firenze sulla Torre di Arnolfo, sul Ponte Vecchio, sulla Loggia dei Lanzi, sul Corridoio Vasariano, sul Cenacolo di Santa Apollonia, situazioni nelle quali campagne sperimentali sono state sempre accompagnate da modellazioni numeriche ed analisi teoriche.

La storia recente delle attività nel settore delle opere monumentali si manifesta in molteplici attività, che continuano a coprire sia gli aspetti di sperimentazione *in situ* che quelli strettamente numerici; tra gli ultimi esempi in ordine di tempo, si possono ricordare gli studi sulla Cappella dei Principi a Firenze, sulla Cupola del Duomo di Siena, sulle Torri di San Gimignano. L'attività sempre più multidisciplinare ha visto la collaborazione degli esperti del Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale con studiosi e ricercatori di altri ambiti, dal settore del rilievo al settore della archeologia, al fine di riuscire a fornire sempre più una visione 'a tutto tondo' della costruzione, e giungere quindi ad una descrizione approfondita e cosciente del comportamento strutturale del monumento.

¹ Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale



Il complesso della cattedrale di Santa Maria del Fiore con la Cupola del Brunelleschi.



Particolare della Cupola del Brunelleschi.

L'ARCHIVIO DIGITALE DI ECCELLENZA PER IL POLO MUSEALE FIORENTINO

Vito Cappellini¹

Altamente significativa è la collaborazione del MICC (*Media Integration and Communication Center*) – Centro di Eccellenza del MIUR presso l'Università di Firenze – con il Polo Museale Fiorentino. In particolare negli ultimi anni, sotto la supervisione del Soprintendente Cristina Acidini, è stato lanciato il progetto *Archivio Digitale di Eccellenza per il Polo Museale Fiorentino*, nel quale l'unità di ricerca del MICC coordinata dal prof. Vito Cappellini e i ricercatori della Hitachi Ltd. e della società fiorentina Centrica Srl hanno realizzato acquisizioni ad elevatissima qualità di alcune delle opere più significative della Galleria degli Uffizi, quali l'Annunciazione di Leonardo, il Tondo Doni di Michelangelo, la Maestà di Giotto, la Venere e la Primavera del Botticelli, la Madonna del Cardellino di Raffaello, ed altre. Caratteristiche significative di queste acquisizioni sono: l'altissima risoluzione spaziale ottenuta con speciali sensori digitali e procedure di *mosaicig*; elevata fedeltà cromatica ottenuta con apposite procedure di taratura del colore; possibilità di proteggere i dati digitali acquisiti con tecniche di marchiatura elettronica.

Un opportuno *software* interattivo di visualizzazione consente ad un visitatore di effettuare ingrandimenti di parti dell'opera, ispezionarne i dettagli, cogliendo così particolari e caratteristiche altrimenti non rilevabili alla normale osservazione.

Il progetto, tuttora in fase di sviluppo, ha peraltro permesso di organizzare, in collaborazione con il Polo Museale Fiorentino, una serie di Gallerie Virtuali visitate da migliaia di persone e con grande apprezzamento della critica: presso l'Istituto Italiano di Cultura di Tokyo, nell'ottobre 2009 con il supporto dell'Ambasciata d'Italia; nel Battistero di San Giovanni in Corte di Pistoia con il supporto della Fondazione Cassa di Risparmio di Pistoia e di Pescia, nel dicembre 2009 – gennaio 2010; nello Shanghai Art Museum in connessione con EXPO 2010 Shanghai con il supporto di Toscana Promozione; nell'Istituto Italiano di Cultura di Tokyo nel novembre-dicembre 2011 e nel Tokyo Fuji Art Museum nel giugno-agosto 2012.

In queste due ultime Esposizioni è stata anche realizzata una *Camera Virtuale Immersiva*, dove in una stanza con pareti bianche di circa 5x5 m² sono state ricreate in versione digitale alcune sale degli Uffizi con le relative opere in versione ad altissima risoluzione, offrendo quindi la possibilità di vederne ed ammirarne i più fini particolari.



Immagini digitali di alcune delle opere della Galleria degli Uffizi, presentate su schermi Touch-Screen in Esposizioni a Tokyo [per cortesia del Ministero per i Beni e le Attività Culturali].

¹ Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione

TECNOLOGIE DI COMUNICAZIONE E AMBIENTI INTELLIGENTI: UNA PROSPETTIVA DI INTEGRAZIONE PER UNA CITTÀ SOSTENIBILE

Francesco Chiti¹, Romano Fantacci¹

La rapida evoluzione delle tecnologie wireless a cui stiamo assistendo nell'ultimo decennio, rende disponibili numerosi standard di comunicazione sia in ambito short che *long range*. Ciò sta rendendo di fatto, gli ambienti in cui si svolge normalmente la vita assolutamente infrastrutturati e predisposti per un'interazione tra gli utenti presenti. Una significativa evoluzione di questo paradigma consiste nella capacità del sistema di interfacciarsi intelligentemente con gli utenti, autoconfigurandosi dinamicamente in base ai loro profili e offrendo dei servizi *ad hoc*. Ciò può essere perseguito agevolmente attraverso un'integrazione dei differenti sistemi mettendo a fattor comune il supporto a traffici *Internet oriented*. È quindi nell'ambito di questo contesto ed in accordo con il paradigma di una città sostenibile e sicura che si sono sviluppate attività di ricerca e sperimentazione specifiche del laboratorio Reti di Telecomunicazioni del Dipartimento di Elettronica e Telecomunicazioni (adesso Ingegneria dell'Informazione) della Facoltà di Ingegneria in stretta sinergia con le necessità della città di Firenze e del suo comprensorio.

La realizzazione di città sostenibili e sicure rappresenta uno degli obiettivi principali delle pubbliche amministrazioni, alla luce del fatto che il fenomeno dell'inurbamento tende a investire quasi l'80% della popolazione dei paesi sviluppati. La presenza e la densità di attività umane intensive richiedono in effetti un controllo accurato della qualità dell'ambiente e dei servizi erogati: in particolare, due temi di estrema rilevanza sono rappresentati dal monitoraggio delle condizioni climatiche e dal controllo del traffico, considerandone soprattutto le reciproche interrelazioni. Ciò presuppone la rilevazione dei cosiddetti *microclimi* (ovvero dello stato dell'occupazione stradale) che si presentano su orizzonti spazio-temporali estremamente limitati essendo influenzati dalla topografia urbana e dalle attività antropiche che insistono in una determinata area, oltre che dalle condizioni atmosferiche preesistenti. Ad esempio, il controllo del livello di inquinamento atmosferico rappresenta un caso di studio ideale perché possiede un trend fortemente variante ed ha, soprattutto, un impatto notevole sulla salute e sulle politiche territoriali, come accade nel caso del particolato fine ed ultrafine. A questo riguardo, il progetto di ricerca SSAMM promosso dalla Fondazione per la Ricerca e l'Innovazione dell'Università di Firenze – svolto in collaborazione con la municipalità di Firenze ed in sinergia con quelle delle città limitrofe Prato e Pistoia – ha consentito di progettare e realizzare in forma prototipale un sistema complesso, articolato sul territorio, capace di seguire in tempo reale l'evoluzione dei fenomeni in gioco: questo ha implicato in particolare la sincronizzazione tra un sottosistema di acquisizione, uno di elaborazione, e uno di comunicazione tra i diversi attori coinvolti. Per contenere i costi ed aumentare l'efficacia della soluzione, l'approccio perseguito è stato quello legato alle cosiddette *wide area sensor networks* che constano di nodi dalle capacità limitate, la cui integrazione costituisce, tuttavia, il punto di forza. I singoli sensori possono essere fissi o mobili (cioè montati a bordo di mezzi del trasporto pubblico locale) su vettori del trasporto pubblico in collaborazione con ATAF SpA (Azienda Trasporti dell'Area Fiorentina) e CTT Nord Srl (Compagnia Toscana di Trasporti), oppure su mezzi preposti alla raccolta dei rifiuti (predisposti da Quadrifoglio SpA) e privato – in modo da realizzare vere e proprie centraline meteo distribuite che comunicano tra loro tramite tecnologia IEEE 802.15.4. Per le singole sottoreti di sensoristica è stato poi affrontato il problema dell'integrazione in ambito locale con reti civiche cablate (ad esempio i semafori di Silfi SpA) o *wireless* come ormai di prassi attualmente in numerose realtà urbane, ivi compresa la rete Firenze WiFi. Tale collegamento ha reso possibile una efficiente interazione con un sistema di gestione remoto che coinvolge le autorità preposte alla gestione e pianificazione del territorio ed abilita decisioni a breve o medio termine, quali la chiusura o messa in sicurezza di un'area, oppure la progettazione del traffico e delle infrastrutture in un arco temporale più ampio. In aggiunta a questo è stato

¹ Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione

proposto un approccio pratico per realizzare un'interfaccia diretta e pervasiva con la cittadinanza per segnalazione di variazione della viabilità e rischi legati all'inquinamento, oppure per funzionalità più complesse come la pianificazione di percorsi in presenza di vincoli di specifici mediante l'integrazione funzionale della piattaforma in un *framework* più generale ispirato ai *social network* più diffusi. Ciò ha coinvolto sia l'integrazione dello *stack* IEEE 802.1.5.4 in IPv6 che lo sviluppo di idonee interfacce *Machine-to-Machine* (M2M).

Il sistema illustrato in precedenza ha molteplici applicazioni e evidenzia potenziali sviluppi assolutamente in linea con il paradigma 'Smart City' oggi perseguito in molte iniziative di ricerca e di ispirazione per politiche efficaci di governo del territorio. A titolo di esempio, un'ulteriore estensione di notevole interesse, finalizzata alla sicurezza dei cittadini, è rappresentata dalla realizzazione di una rete di sorveglianza in grado rilevare eventi che rappresentino una minaccia per l'ordine pubblico e di allertare tempestivamente le forze dell'ordine o di pronto intervento guidandole opportunamente mediante un supporto di geolocalizzazione. Tutto ciò può essere conseguito collegando i centri di comando remoto delle forze dell'ordine con una rete di rilevatori acustici in grado di rilevare il livello di pressione sonora delle componenti derivanti da un colpo di arma da fuoco. Benché tali dispositivi non siano dotati di un'accuratezza di localizzazione elevata, tuttavia la capacità di operare in gruppo consente comunque di fornire indicazioni più che sufficienti per indirizzare le forze dell'ordine verso la sorgente della minaccia. Tali apparati possono essere integrati con i sistemi di sorveglianza già disponibile nel contesto cittadino e con video/fotocamere di sorveglianza, operanti nel campo del visibile o nello spettro all'infrarosso e infrarosso termico, posizionate in siti strategici. Inoltre, la capacità di elaborazione distribuita dell'informazione rende possibile l'estrazione di *features* complesse che consentono, ad esempio, di monitorare e rilevare eventuali comportamenti anomali o di rilevare l'identità dei soggetti presenti nel proprio campo visivo. La larga disponibilità di questi dispositivi di *sensing*, uniti alle ormai mature tecniche di *data fusion*, possono contribuire alla realizzazione di reti di sorveglianza urbana e sub-urbana estremamente flessibili, focalizzate alla tutela di patrimoni culturali e artistici inestimabili, quali quello rappresentato dalla città di Firenze. Elaborando infatti i dati provenienti da sorgenti eterogenee (nodi mobili, fissi, sensori satellitari) sarà possibile ottenere informazioni più puntuali e precise in grado di consentire il riconoscimento tempestivo e preventivo di comportamenti ostili.

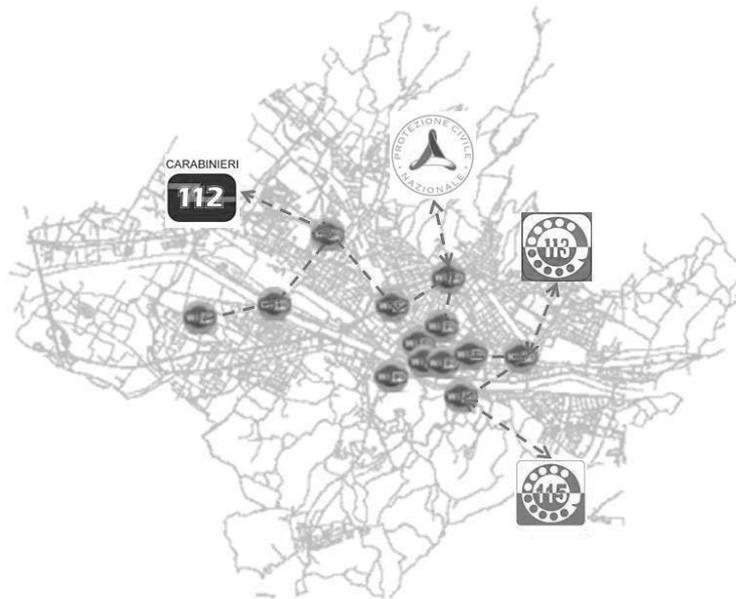
In applicazioni con grado di criticità crescente il sistema può essere distribuito sul territorio in stretta dipendenza dal contesto o dall'applicazione e compatibile con modalità di tipo fisso che mobile mediante l'impiego di tecnologie abilitanti innovative di raccolta dei dati ed comunicazione in grado di preservare la libertà di posizionamento degli stessi. È possibile, in particolare, integrare il sistema con una rete preesistente come ad esempio la rete *wireless* sviluppata dalla Provincia di Firenze in collaborazione con il laboratorio di Reti di Telecomunicazioni o più propriamente professionale dedicata alle operazioni di rilevazioni di situazioni critiche e di coordinamento sul campo delle squadre di intervento. Questo presuppone, infine, l'impiego di moduli funzionali di adattamento – sviluppati nell'ambito del progetto SCOC (*SmartCities Operation security Center*) supportato dal Comune di Firenze – per una rappresentazione omogenea dei dati verso la centrale operativa.

Altri campi applicativi che hanno suscitato uno specifico interesse di ricerca e che, a breve, si ritiene avranno importanti ricadute applicative per la città di Firenze sono quelli relativi alla domotica, alle *Smart Grid* e al supporto continuativo del monitoraggio e dell'intervento per pazienti non necessariamente critici (*health care*). In questo senso si intende allineare un ambiente potenzialmente versatile con il profilo dell'utente che in quel momento vi soggiorna, riconfigurando dinamicamente i servizi di cui egli ha necessità, palesate attraverso il ricorso a interfacce estremamente naturali.

In tutti queste opzioni le funzionalità conseguibili e i benefici che ne potrebbe trarre un'ampia e articolata utenza sono numerosissimi; tutti comunque presentano come elemento caratterizzante la necessità di una integrazione funzionale ed efficiente di tecnologie di comunicazioni *wireless* o *wired* ed il ricorso a nuovi paradigmi come l'*Internet of Things* (IoT) o protocolli di comunicazioni autonomi da macchina a macchina (M2M).



Esempio di una rete che comunica con persone ed oggetti.



Esempio di collegamento radio in area urbana fiorentina tramite infrastruttura WiFi.



Possibili applicazioni di domotica *context-aware*.

IL SISTEMA 'POINT-AT' A PALAZZO MEDICI RICCARDI

Alberto Del Bimbo¹

Ai ricercatori del MICC (*Media Integration and Communication Center*) – centro di eccellenza nell'area dei *new media* istituito dal MIUR nel 2001 presso l'Università di Firenze – si devono alcune delle realizzazioni più innovative sul territorio toscano e nazionale di impiego di nuove soluzioni ICT per migliorare la fruizione dei contenuti dei beni culturali. Tra questi il sistema 'Point At' a Palazzo Medici Riccardi, installato nel 2004 dopo un ampio progetto sostenuto dalla Provincia di Firenze, rappresenta una delle più interessanti realizzazioni di 'interazione naturale' con contenuti digitali per favorire la comprensione dei contenuti di opere artistiche.

Palazzo Medici Riccardi è uno dei più importanti musei della città di Firenze. La costruzione del palazzo, a metà del '400 fu voluta da Cosimo il Vecchio, patriarca della famiglia Medici per l'abitazione della famiglia e l'edificio rappresenta uno dei modelli architettonici di riferimento dell'architettura rinascimentale fiorentina. Al suo interno, insieme ad altre numerose opere, la Cappella dei Magi, affrescata da Benozzo Gozzoli, rappresenta un assoluto capolavoro della pittura dell'epoca. In uno spazio ristretto di pochi metri quadrati, le pareti della cappella, completamente decorate, raccontano per immagini una storia antica e complessa del tempo in cui Firenze ospitò il concilio tra la chiesa latina e la chiesa di Costantinopoli, che avrebbe dovuto favorire la riunificazione fra le due chiese e conseguentemente l'aiuto dell'occidente a Costantinopoli ormai circondata dai turchi. L'evento fu un grande successo di Cosimo e della famiglia Medici che, dopo aver ottenuto lo spostamento a Firenze, riuscì addirittura a favorire la formale ricongiunzione delle due chiese. Anche se poi, come tutti sanno, l'occidente non intervenne e Costantinopoli cadde in mano ai Turchi di Maometto II pochi anni dopo. Questo successo familiare è narrato nell'affresco con immagini straordinarie che rappresentano i protagonisti in un insieme allegorico (la cavalcata dei magi) e scene di vita e costumi dell'epoca. Il tema rappresentato dall'artista, i diversi piani, storico e allegorico, i molti dettagli ed elementi di costume, rendono l'insieme estremamente complesso per essere percepito nella sua interezza.



La Cavalcata dei Magi di Benozzo Gozzoli.

¹ Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione

Considerando il fatto che l'ambiente ristretto della cappella consente la compresenza di poche persone per pochi minuti, il visitatore finisce per avere con l'opera solo un contatto emotivo, senza avere il tempo di osservarne i particolari e di comprenderne il significato.

Il progetto Point-At prevedeva la realizzazione in un locale attiguo di un innovativo sistema di 'interazione naturale', che impiegando tecnologie di visione artificiale potesse fornire al visitatore, in modo il più possibile non intrusivo e naturale, informazioni sui contenuti dell'affresco su precisa richiesta. Il principio ispiratore fu quello – assai innovativo per quegli anni e oggi sostanzialmente acquisito ma raramente realizzato – di mettere il visitatore in condizione di interagire con un ambiente informatizzato con modalità non diverse da quelle usate nella realtà quotidiana. Quindi, per richiedere informazione circa i dettagli dell'opera il visitatore avrebbe dovuto agire più o meno nello stesso modo in cui si sarebbe rivolto ad una guida, ovvero indicando l'elemento di interesse nell'affresco e aspettando la risposta: «chi è quel personaggio? Perché è nell'affresco? [...]» Non si voleva pertanto che il visitatore, per interagire con il sistema, fosse forzato a ricevere istruzioni su come operare, né tantomeno dovesse utilizzare strumenti di puntamento o altri dispositivi tecnologici. Al tempo stesso si desiderava offrire al visitatore, oltre alla spiegazione dei vari dettagli, anche una vista espansa dell'opera in modo da farne apprezzare la qualità artistica nei più fini particolari. Si voleva inoltre garantire eguali opportunità per ogni categoria di visitatore, adulto o bambino, indipendentemente da genere e razza; consentire di ricevere informazione sia al visitatore attivo (colui che fa la richiesta) sia a quello passivo (colui che preferisce ascoltare le risposte fornite ad altri); fornire contenuti qualificati, sufficientemente brevi e al tempo stesso stimolanti; offrire una esperienza coinvolgente ed esteticamente gradevole.

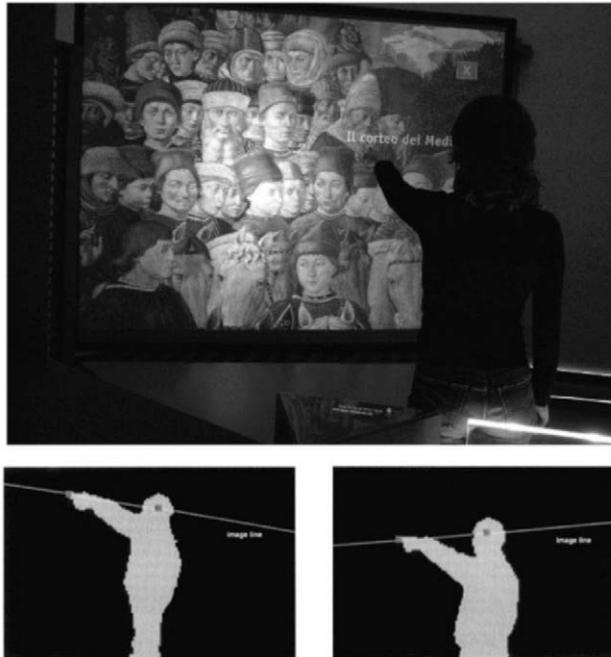
Il progetto vide la partecipazione e la collaborazione di molti studiosi di diverse discipline: l'unità di ricerca del MICC coordinata da Alberto Del Bimbo, con Carlo Colombo e Alessandro Valli, per la progettazione e la realizzazione della soluzione tecnologica basata su tecniche di visione artificiale; Cristina Acidini, all'epoca Direttore dell'Opificio delle Pietre Dure, e Elena Capretti per i testi e la ricerca filologica; Grazia Pietrasanta per la realizzazione dei contenuti grafici; Vittorio Maschietto e Perla Gianni per l'allestimento architettonico della sala; Il centro di ricerca, produzione e didattica musicale Tempo Reale per la restituzione audio. E infine la collaborazione continua di Alessandro Belisario della Provincia di Firenze.

La realizzazione finale del progetto è un sistema, ad oggi sperimentato da migliaia di turisti visitatori, che consente ad un soggetto di porsi davanti alla riproduzione digitale dell'affresco proiettata su uno schermo di circa 2,5 m per 2 m, visualizzare le diverse parti dell'affresco e indicare quindi con un semplice gesto di puntamento della mano l'elemento di proprio interesse. Un *software* di visione artificiale consente di estrarre dalle immagini acquisite da due telecamere la silhouette del visitatore, di individuare su questa due punti notevoli quali la terminazione della mano e l'apice della testa e tracciare quindi idealmente una retta fino a toccare il piano dello schermo e calcolare così le coordinate del punto di interesse. La persistenza dell'atto di indicare per alcuni secondi indica al sistema l'interesse del visitatore ad avere notizie sul personaggio o oggetto indicato. Il sistema permette di interrogare 26 elementi dell'affresco tra i personaggi e gli elementi più significativi per la comprensione dell'opera e del suo contenuto.

In risposta il sistema visualizza il particolare in alta risoluzione e restituisce spiegazioni su di esso attraverso un diffusore audio posto sopra la postazione. Il *panning* e lo *zooming* sono progettati in modo da dare la sensazione di continuità e mantenere l'attenzione del visitatore sull'opera.

Il sistema è ubicato al piano terra del palazzo, nella camera che fu di Lorenzo il Magnifico ed è concepito per introdurre il visitatore alla visita della cappella. Selezionando le parti di proprio interesse sulla versione digitale dell'affresco, il visitatore esplora in modo attivo i contenuti dell'opera. Una volta in presenza dell'affresco al piano superiore ritroverà le parti esplorate, e potrà fissarne i contenuti, richiamando al tempo stesso i significati dell'opera intera.

- C. Colombo, A. Del Bimbo, A. Valli, *Visual Capture and Understanding of Hand Pointing Actions in a 3D Environment*, «IEEE Trans. Systems, Man, and Cybernetics, Part B: Cybernetics», 33-4, 2003, pp. 677-686.
- T.M. Alisi, A. Del Bimbo, A. Valli, *Natural Interfaces to Enhance Visitors' Experience*, «IEEE Multimedia», July-September 2005, pp. 80-85.



Sistema a interazione naturale progettato dal MICC e installato presso il Palazzo Medici Riccardi a Firenze.

L'INGEGNERIA FERROVIARIA A FIRENZE NELL'ERA DEL COMPUTER

Alessandro Fantechi¹

Firenze vanta una lunga tradizione nell'ingegneria ferroviaria. Sede già nell'800 del Servizio Studi Locomotive della Rete Adriatica, quando nel 1905 le ferrovie vennero nazionalizzate la progettazione di tutto il materiale rotabile (locomotive, carri e carrozze) venne accentrata a Firenze, in quello che è passato alla storia come il Servizio Materiale e Trazione delle Ferrovie dello Stato (da ora in avanti semplicemente Servizio), in viale Lavagnini 58. Non stupisce che, per ragioni di vicinanza alla progettazione ed alla gestione e manutenzione di tutto il parco rotabile, tutta l'area fiorentina abbia visto il fiorire di numerose aziende dedicate al supporto del Servizio.

Mentre alcune di queste, come ad esempio l'Elettromeccanica Lampredi, sono scomparse negli anni, altre, quali la Frensistemi, la Niccoli & Naldoni e la Siliani si sono via via trasformate per rimanere al passo delle mutate esigenze del mercato.

Se negli anni '60-'80 lo sviluppo di rotabili ad alta velocità aveva dato notevole impulso al Centro di Dinamica Sperimentale, tutt'ora esistente anche se appartenente alla società Italcertifer SpA e situato nel nuovo Impianto di Osmannoro e non più nella storica sede al Romitino, con gli anni '90 e con il nuovo millennio la situazione è mutata definitivamente. La progettazione ha mutato indirizzo: rispetto al passato, caratterizzato da mercati puramente nazionali, oggi molte delle aziende suddette appartengono a gruppi internazionali. Ad esempio, Frensistemi oggi è Knorr Bremse Italia, Siliani è General Electric Transportation Systems (GETS) e Niccoli & Naldoni è Wagh Group.

Anche se la Facoltà di Ingegneria è decisamente più giovane del Servizio, nondimeno le collaborazioni furono stabilite fin dalla sua costituzione. Fra i docenti della Facoltà abbiamo annoverato il prof. Brandani, ex-FS e responsabile della 'dieselizzazione' dopoguerra, e l'ing. Liverani, che è passato alla storia per aver attivato il sistema di circolazione centralizzata (DCO) di Bologna. I primi due laureati in Ingegneria presso la Facoltà, il 10 gennaio 1974 hanno discusso tesi di progettazione meccanica di rotabili ferroviari, e così pure quelli che li hanno seguiti dopo pochi mesi.

Restringendo le attività agli ultimi decenni, la nostra Facoltà ha visto numerose collaborazioni, fra l'altro, con il Dipartimento di Energetica e con il Dipartimento di Meccanica e Tecnologie Industriali (adesso fusi nel Dipartimento di Ingegneria Industriale) per affrontare i tipici temi della trazione ferroviaria.

Meno nota è un'altra area di sviluppo della tecnologia ferroviaria in cui il territorio fiorentino ha saputo dare un suo valido contributo, ovvero quella del segnalamento ferroviario.

La Angiolo Siliani S.p.A., ditta presente dal 1924, è stata per decenni fornitrice delle Ferrovie dello Stato di sistemi e componenti elettromeccanici ed elettronici, spesso sfruttando le competenze dei docenti e ricercatori della Facoltà di Ingegneria.

Alla fine del secolo scorso la Siliani si è trovata ad affrontare la transizione dai sistemi elettromeccanici precedentemente sviluppati ai sistemi informatizzati, in cui il *software* assume una sempre maggiore importanza, soprattutto in relazione agli aspetti di sicurezza, fondamentali in questa categoria di sistemi. Le sfide lanciate dai nuovi scenari dell'esercizio ferroviario (liberalizzazione, distinzione tra infrastruttura ed esercizio, alta velocità, interoperabilità europea, ecc.) portano infatti con sé notevoli ripercussioni sulla sicurezza. L'innovazione tecnologica punta a garantire la sicurezza attraverso la distribuzione sempre più massiccia di innovativi apparati di segnalamento (SCMT, SSC, ERTMS/ETCS, sistemi di blocco 'conta-assi' ed *interlocking multistazione*) e di monitoraggio (sistemi diagnostici a bordo treno o a terra, sia per i rotabili che per l'infrastruttura). Anche il più piccolo di ognuno di questi apparati elettronici contiene del *software*, che spesso costituisce di gran lunga il costo di progettazione maggiore dell'apparato: la malleabilità del *software* è alla base stessa delle innovazioni, consentendo di ottenere un'alta flessibilità operativa a costi

¹ Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione

contenuti. Di contro, il *software* è noto per la facilità che alberghi i cosiddetti *bug*, che possono far fallire un'applicazione *software* anche in modo catastrofico. Gli alti standard di sicurezza richiesti dall'esercizio ferroviario impongono quindi che proprio lo sviluppo del *software* sia garantito immune da difetti, impiegando le più efficaci tecniche di sviluppo, verifica e validazione del *software*.

La collaborazione con il Dipartimento di Sistemi e Informatica (che è confluito nel Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione) dell'Università di Firenze ha contribuito ad affrontare con successo questa complessa transizione, che ha coinciso con il processo di internazionalizzazione dell'azienda stessa: Siliani è dapprima entrata a far parte del gruppo americano Harmon, che è stato poi a sua volta acquisito dal colosso GETS (General Electric Transportation Systems), con una conseguente globalizzazione del mercato accessibile.

Il contributo offerto dall'Università si può dire si sia sviluppato su due assi. Il primo riguarda la collaborazione diretta, che ha visto nell'ultimo decennio la stipula di varie convenzioni di ricerca, l'attivazione di una decina di assegni di ricerca, la discussione di una ventina di tesi di laurea prevalentemente in Ingegneria Informatica.

All'interno di questa intensa attività di collaborazione il contributo accademico ha aiutato a definire e migliorare incrementalmente i processi di sviluppo di verifica e validazione, attraverso una serie di passi quali:

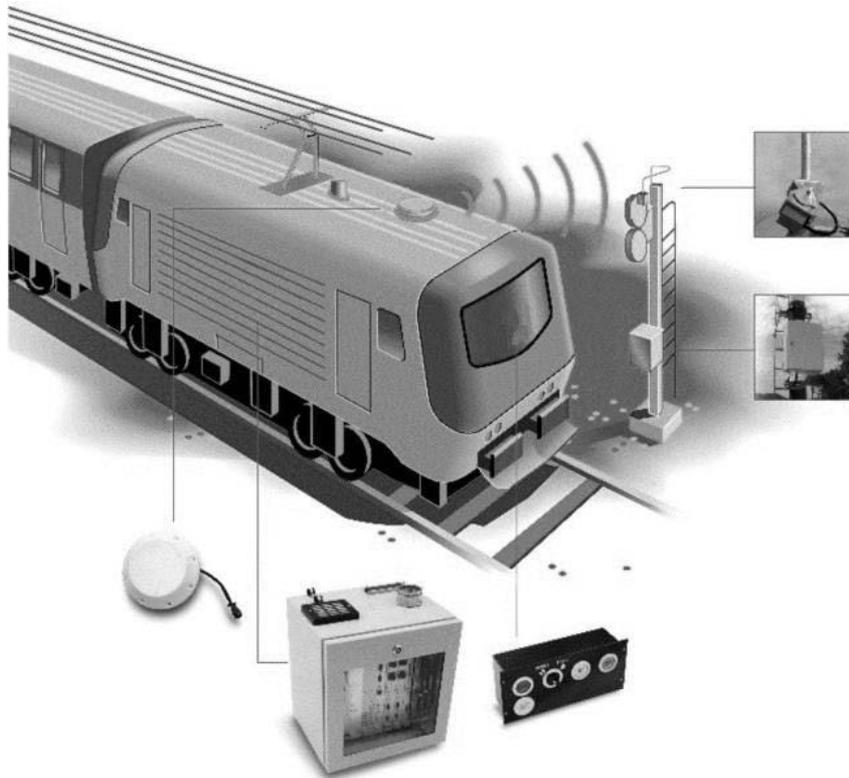
- l'adozione di tecniche e strumenti di *testing* che garantissero una copertura del codice prodotto conforme a quanto richiesto dalle normative del settore (EN50128 *in primis*);
- l'adozione di un processo di sviluppo basato sulla modellazione preventiva (*Model-Based Design*), con generazione automatica del codice a partire da modelli formalizzati;
- l'adozione di tecniche di verifica coerenti con le modellazioni eseguite (*Model-Based Testing*);
- la sperimentazione di tecniche di verifica formale basate su *Model Checking* per la verifica della logica degli apparati centrali;
- l'adozione di sofisticati banchi di prova per la validazione di sistema delle apparecchiature prodotte.

Alcune di queste esperienze, per la loro forte valenza innovativa, hanno potuto essere fonte di pubblicazioni su riviste internazionali e presentazioni a conferenze internazionali in sedi di prestigio, quali la NASA, l'ente spaziale americano.

L'altro asse di intervento è quello più istituzionale dell'Università: qualche decina di laureati in Ingegneria Informatica, in Ingegneria Elettronica e Ingegneria delle Telecomunicazioni è infatti stata assunta nell'ultimo decennio da GETS, o lavora per conto di GETS all'interno di altre strutture: molti di loro erano entrati in contatto con questa realtà industriale già durante la preparazione della tesi di laurea, altri dopo un dottorato, e non sono pochi i casi di giovani laureati che prestano lavoro nell'azienda e contemporaneamente si preparano per ottenere il dottorato. Questo capitale umano, formatosi sui banchi della Facoltà di Ingegneria, costituisce l'*asset* più prezioso della sede fiorentina di GETS, che si è in breve avviata a diventare centro di eccellenza per il segnalamento ferroviario all'interno di General Electric.

E dobbiamo anche ricordare che, all'interno di un progetto finanziato dalla regione Toscana, GETS ha aperto pochi anni fa un nuovo centro di Ricerca e Sviluppo, denominato gruppo Delta, in una nuova sede ubicata a Sesto Fiorentino, dedito alla definizione di una innovativa piattaforma *hardware/software* destinata a supportare tutte le apparecchiature di segnalamento che verranno sviluppate da GETS per essere installate in tutto il mondo. È proprio sulle attività di questa sede che si è concentrato il maggior incremento di capitale umano ad alto tenore di conoscenze tecnologiche, proveniente per la sua maggior parte dalle file della Facoltà di Ingegneria.

Infine, non possiamo dimenticare quanto reciprocamente anche la Facoltà, e gli studenti in genere, abbiano beneficiato della presenza sul territorio di una realtà come quella di GETS: a questo proposito si ricordano le diverse visite agli impianti GETS effettuate dagli studenti, o i seminari tecnici effettuati dal personale GETS in Università.



Il Sistema di Supporto alla Condotta, SSC [per cortesia di General Electric Transportation Systems].



La nuova piattaforma *hardware/software* [per cortesia di General Electric Transportation Systems].

IL 'PROGETTO ARNO'

Angelo Freni¹, Dino Giuli¹

Il 4 novembre del 1966 le acque dell'Arno invasero Firenze, causando danni enormi al patrimonio artistico, culturale e sociale della città. Allo scopo di evitare il ripetersi di un simile tragico evento, negli anni successivi furono abbassate le platee del Ponte Vecchio e del Ponte S. Trinita ed avviata la costruzione dell'invaso di Bilancino per trattenere le acque della Sieve, uno dei più pericolosi affluenti dell'Arno.

Le sole misure strutturali non sono comunque in grado di contenere completamente il rischio di una inondazione e richiedono in genere lunghi periodi per il loro completamento. Per i bacini idrologici come quello dell'Arno, caratterizzati da tempi di risposta alla precipitazione alquanto brevi, si rende necessario poter disporre anche di sistemi di prevenzione non strutturali, basati sull'impiego di sistemi di monitoraggio e previsione operanti in tempo reale, in grado di porre gli enti addetti alla protezione civile nella condizione di disporre di un tempo adeguato di preavviso per la definizione di condizioni di pre-allarme, allarme ed emergenza, connesse alle situazioni di rischio idrogeologico. In questo contesto nasce nel 1986 il 'Progetto Arno' con l'obiettivo primario di permettere lo svolgimento di quelle ricerche e sperimentazioni necessarie a verificare la fattibilità di un sistema di monitoraggio tecnicamente avanzato, in grado di integrare dati idro-meteorologici provenienti da sensori di tipo diverso (radar meteorologico, satellite, pluviometri, idrometri) al fine di migliorare la previsione delle condizioni di rischio alluvionale nel bacino dell'Arno, con il ricorso ad adeguati modelli idrologici.

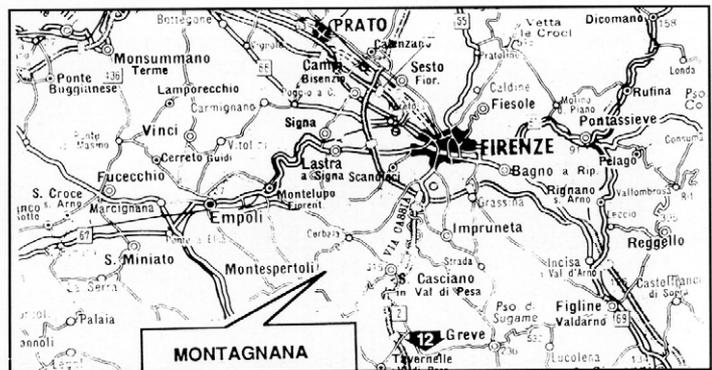
Per tutta la durata del 'Progetto Arno' viene utilizzato il radar meteorologico fornito dall'Istituto di Fisica dell'Atmosfera (accorpato nel 2002 nell'Istituto di scienze dell'atmosfera e del clima) del CNR, che partecipa direttamente alle relative attività di ricerca e di sperimentazione. La realizzazione, a cura dell'Università di Firenze, della stazione radar meteorologica in località Montagnana, comune di Montespertoli (Firenze), con il fondamentale contributo dell'allora Istituto di Fisica dell'Atmosfera del CNR e con la collaborazione della SMA-Signalamento Marittimo e Aereo, consente di dare un rilevante impulso alle attività di natura sperimentale previste nel 'Progetto Arno'.

La strategica importanza del sistema radar risiede nel fatto che dai dati da esso forniti è possibile ricavare non solo stime quantitative della precipitazione, con elevata risoluzione sia spaziale che temporale, ma anche informazioni sulla dinamica di evoluzione dei sistemi di precipitazione. L'insieme di queste informazioni forma la base delle conoscenze necessarie per l'applicazione dei modelli idrometeorologici distribuiti. L'uso di tali modelli si basa sulla rappresentazione della superficie del bacino tramite una griglia di celle, per ciascuna delle quali sono assegnate le caratteristiche fisiche che controllano lo scambio idrico. In particolare, tali modelli, opportunamente calibrati, sono in grado di riprodurre la dinamica dell'umidità del suolo, consentendo di superare le incertezze sull'assorbimento superficiale che limitano l'efficacia dei normali modelli idrologici nelle applicazioni in tempo reale. L'impiego pratico dei modelli distribuiti necessita la predisposizione di una notevole quantità di dati, sia idroclimatici, che geo-lito-pedologici ed idro-morfologici; a tal fine sono stati messi a punto strumenti di lavoro che consentono l'elaborazione, l'archiviazione e la validazione di tutti gli strati di informazione richiesti. I sottobacini della Sieve e del Bisenzio vengono inizialmente considerati come aree campione per la sperimentazione di questo tipo di modelli, con particolare riferimento alla possibilità di valutare le risoluzioni spaziale e temporale più idonee, affinché le misure radar siano impiegate in modo adeguato nella previsione degli eventi di piena.

¹ Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione



Un'immagine dell'alluvione di Firenze del 4 novembre 1966.



La stazione radar meteorologica di Montagnana (Montespertoli, Firenze). Il sito di Montagnana è stato scelto tenendo conto della complessa orografia del territorio cercando di garantire la corretta visibilità delle precipitazioni in prossimità del suolo, minimizzando al tempo stesso gli echi non desiderati per riflessione dai rilievi.

IL TRATTAMENTO DELLE ACQUE E DEI RIFIUTI NEL CONTESTO URBANO FIORENTINO

Claudio Lubello¹

Il Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale ha sviluppato nel corso degli anni una serie di collaborazioni finalizzate alla protezione ambientale e sanitaria all'interno del territorio fiorentino nel settore delle acque e dei rifiuti.

A titolo di esempio è stato dato vita ad un laboratorio congiunto università-impresa con Publiacqua SpA, il gestore del servizio idrico. In questo ambito le ricerche applicate sono state finalizzate al trattamento delle acque potabili e delle acque reflue.

Gli obiettivi hanno riguardato il miglioramento della qualità delle acque destinate al consumo umano attraverso l'uso sistemi innovativi di trattamento come membrane, sistemi avanzati di ossidazione e disinfezione, resine a scambio ionico. I risultati hanno permesso di identificare possibili alternative per il miglioramento dell'efficienza e dell'efficacia dei processi tradizionalmente in uso.

Nel settore delle acque reflue l'attenzione è stata posta sulla riduzione dello scarico dei nutrienti e composti inquinanti nei corpi idrici recettori, la messa a punto di processi biologici mediante l'uso di biotecnologie ambientali, il controllo dei consumi energetici e dell'emissioni di gas-serra in atmosfera.

L'impianto di depurazione di Firenze è stata una delle sedi principali delle attività sperimentali.

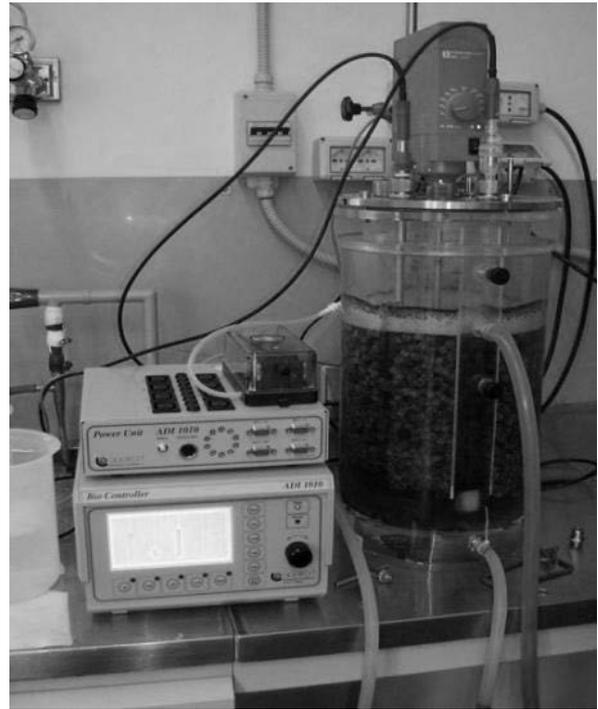
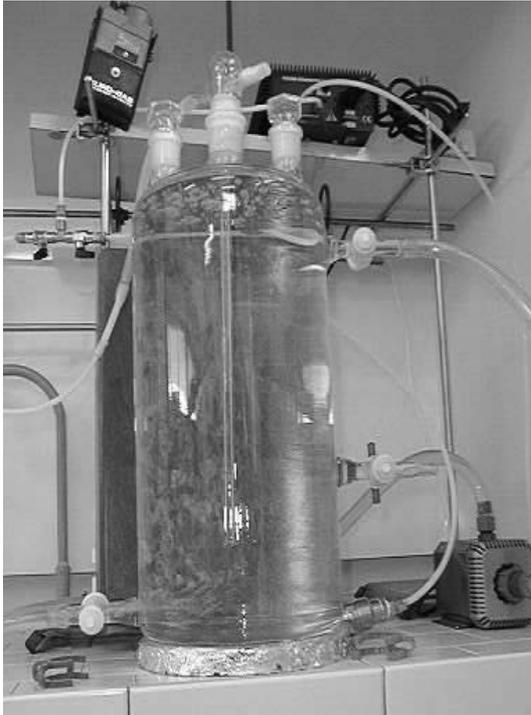
Le attività di ricerca hanno permesso di ottimizzare la filiera di trattamento utilizzata nell'impianto di S. Colombano attraverso l'individuazione di soluzioni originali in grado di ridurre gli impatti ambientali dello scarico delle acque nell'Arno. Molti dei risultati sono risultati replicabili su una scala più vasta ed hanno avuto un rilevante riscontro nella comunità scientifica internazionale.

Alle ricerche hanno partecipato, oltre al personale afferente al Dipartimento, numerosissimi studenti nell'ambito dei tirocini formativi e post-laurea acquisendo importanti competenze nel settore della protezione ambientale spendibile nel mondo del lavoro.



I digestori anaerobi dell'impianto di S. Colombano.

¹ Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale



Esempio di reattori sperimentali a scala di laboratorio per lo studio di processi avanzati di trattamento delle acque reflue.

IL CONTRIBUTO DELL'AUTOMATICA ALLO STUDIO DEI SISTEMI AMBIENTALI IN AMBITO REGIONALE

Stefano Marsili Libelli¹

Nei passati decenni la comunità accademica della Scienza dei Sistemi si distingueva per un ampio respiro culturale, tanto che dal suo ambito sono scaturiti valenti studiosi nel campo non solo dell'Automatica, ma anche della Biomedica, allora agli inizi, e della Ricerca Operativa. Un filone culturale che a partire dagli anni '80 suscitò un notevole interesse fu quello dell'Ingegneria Sistemistica Ambientale, prevalentemente per merito del gruppo di ricerca del Politecnico di Milano, guidato dal prof. Sergio Rinaldi, al quale ebbi la fortuna ed il privilegio di partecipare. L'iniziativa, affatto originale per allora, fu quella di applicare la Teoria dei Sistemi all'ecologia, considerando sia ecosistemi naturali che processi ambientali artificiali. Questa attività – che ebbe importanti connessioni in ambito internazionale con l'IIASA (International Institute for Applied System Analysis, Laxenburg, Austria) e con l'Institute of Hydrology (Wallingford, UK), che allora aveva l'incarico di predisporre il piano di risanamento del bacino del Tamigi – portò successivamente al formarsi di gruppi di ricerca nelle Università di Padova, Brescia, Como, Firenze, Catania ed alla costituzione del Gruppo di Ricerca di Automazione e Gestione dei Sistemi Ambientali (GRAGSA).

In ambito locale queste attività hanno avuto diverse applicazioni di interesse esterno, oltre a contribuire alla fondazione del corso di laurea in Ingegneria per l'Ambiente e il Territorio, nuova laurea intersettoriale, dei vecchi corsi di laurea quinquennali, che andò ad arricchire l'offerta formativa della Facoltà di Ingegneria fin dal 1989.

Gli studi intrapresi in questi anni dal gruppo operante nella Facoltà di Ingegneria dell'Università di Firenze hanno prodotto delle utili ricadute locali, sia sul piano tecnologico, dando origine a strumentazioni o sistemi di controllo utilizzabili nel settore ambientale, che sul piano conoscitivo di particolari ecosistemi, portando alla realizzazione di *software* per la gestione degli stessi. Queste realizzazioni vengono ora passate brevemente in rassegna.

Realizzazione di un respirometro per il servizio depurazione delle acque del Comune di Firenze

Nei processi di depurazione biologica è di fondamentale importanza conoscere l'attività della colonia batterica per valutare il suo potenziale depurativo dell'acqua inquinata che si intende depurare. Trattandosi di attività biologica, essa viene misurata in modo dinamico attraverso il rateo di consumo di ossigeno da parte della biomassa batterica. Attraverso una collaborazione con l'allora Direzione Produzione Acque e Depurazione del Comune di Firenze venne realizzato un respirometro a due stadi in grado di misurare diversi parametri fondamentali dell'attività batterica, in particolare la biodegradabilità delle acque di scarico, la potenziale rimozione di composti azotati, il metabolismo endogeno della biomassa. Nella realizzazione di questo dispositivo fu fondamentale l'uso dell'approccio sistemistico per definire un modello dinamico della respirazione batterica e per ingegnerizzare il *software*, sviluppato in LabView, che gestiva l'intera operazione dello strumento. Tale dispositivo è attualmente in uso presso Publiacqua e viene correntemente usato per gli scopi sopra descritti.

Modello di qualità fluviale del fiume Sieve

Su incarico e con finanziamenti dell'allora Centro Tematico Nazionale Acque Interne dell'Agenzia Regionale di Protezione Ambientale della Toscana (ARPAT) venne realizzato un modello della qualità dell'acqua del fiume Sieve al fine di valutare l'effetto di alcuni interventi migliorativi lungo il suo corso, quali la collettazione di scarichi distribuiti nella zona Dicomano-Rufina-Pontassieve ed il potenziamento

¹ Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione

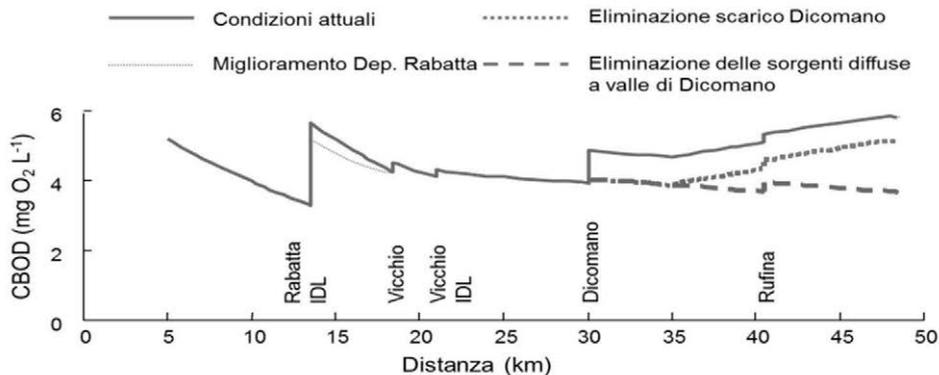
degli impianti di depurazione di Rabatta e di Vicchio. A seguito di diverse campagne mirate di misura *ad hoc* fu prodotto un modello matematico della qualità fluviale, attraverso il quale fu possibile valutare l'effetto di alcuni interventi di risanamento, dalla quale si concluse che il collettamento delle varie sorgenti concentrate o diffuse aveva un'efficacia ambientale maggiore ed un costo inferiore rispetto al potenziamento dei depuratori posti a monte del tratto più sensibile.

Gestione dell'eutrofizzazione nella laguna di Orbetello

Questo studio fu richiesto dall'allora Commissario per il Risanamento Ambientale nella Laguna di Orbetello, data la situazione critica causata da ripetute crisi anossiche indotte da incontrollate crescite algali. Lo studio dell'ecosistema portò alla definizione di un modello matematico in grado di stimare le potenziali crescite algali e di macrofite (*Ruppia sp.*) ed indicare ai battelli raccogli-alghe i siti più idonei per una raccolta preventiva di una quantità limitata di biomassa, prima che questa crescendo provocasse eutrofizzazione e conseguente crisi anossica. Il modello una volta calibrato e validato, fu realizzato come piattaforma *software* autonoma, denominato LaguSoft, con un'interfaccia utente che lo rendeva utilizzabile da parte dell'ufficio del commissario per pianificare la raccolta delle alghe.



Vista complessiva del respirometro realizzato in collaborazione con il Comune di Firenze.



Generazione di scenari di risanamento sulla base del modello di qualità del fiume Sieve.

Telecontrollo e rilevazione guasti per l'impianto di depurazione biologica di Pagnana (Empoli) gestito da Acque SpA

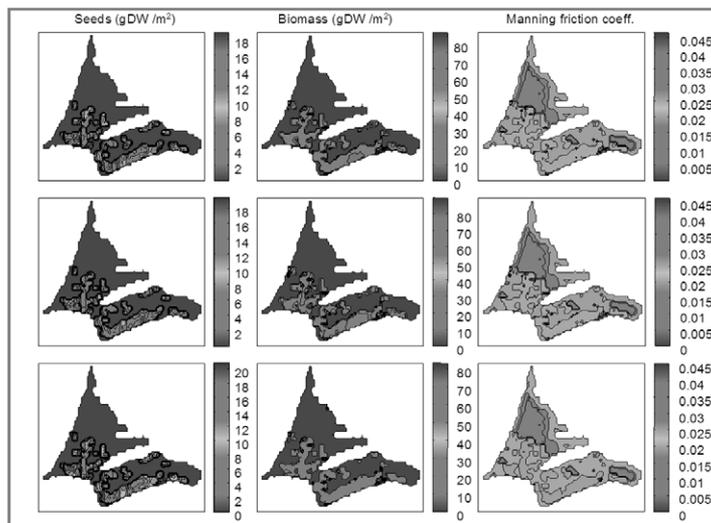
In una collaborazione con Acque Ingegneria Srl è stato sviluppato un sistema di telecontrollo di un impianto di depurazione biologica situato nei pressi di Empoli. Gli obiettivi posti dall'azienda erano il contenimento dei consumi energetici e l'aumento dell'affidabilità di esercizio. A tale scopo è stato realizzato un sistema di tele-controllo, inserito nella rete intranet aziendale che ha prodotto consistenti risparmi energetici (circa 1 MWh a settimana per ciascuna linea, come mostra il confronto). Il pannello di controllo remoto con la linea non controllata permetteva la supervisione e l'intervento da remoto, attraverso una rete privata dedicata (VPN) inserita nel sistema di comunicazione di Acque SpA.

Successivamente, constatata una notevole frequenza di guasti, si è realizzato un sistema di rivelazione dei guasti in grado di diagnosticare prontamente quale fosse il sensore guasto e distinguere fra malfunzionamento del sistema di misura ed anomalia di funzionamento dell'impianto.

Impatto ambientale della derivazione delle acque del fiume Serchio nel lago di Massaciuccoli

Su incarico dell'Autorità di Bacino del fiume Serchio è stata condotta una valutazione idraulico-ambientale dell'immissione nel lago di Massaciuccoli di parte delle acque derivate dal fiume Serchio. La motivazione di tale opera risiede nel mitigare le ricorrenti e gravi carenze idriche del lago durante i mesi estivi e il relativo effetto di subsidenza dei circostanti terreni di bonifica. Il modello di invaso che è stato sviluppato tiene conto dell'evapotraspirazione del lago e canneti circostanti, nonché della perdita per infiltrazione nella falda sottostante. Lo studio ha riguardato la fattibilità del convogliamento della derivazione nel canale Barra, l'effettiva mitigazione del deficit idrico estivo e l'eventuale aggravamento dell'inquinamento del lago causato dal sollevamento del sedimento, ricco di sostanze nutrienti depositate in decenni di sversamenti incontrollati. Lo studio ha mostrato che la mitigazione delle secche estive è solo parziale in quanto buona parte dell'acqua derivata viene persa per infiltrazione nella falda. Per quanto riguarda poi il possibile inquinamento da risospensione del sedimento, lo studio tende ad escludere questa eventualità.

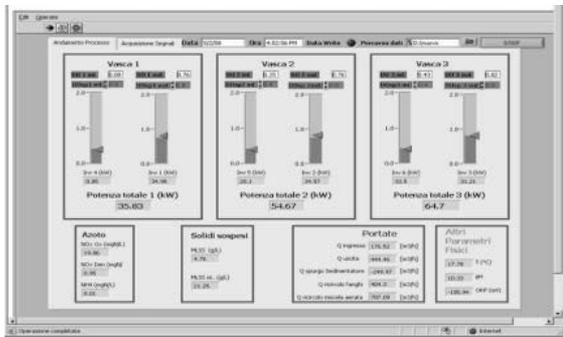
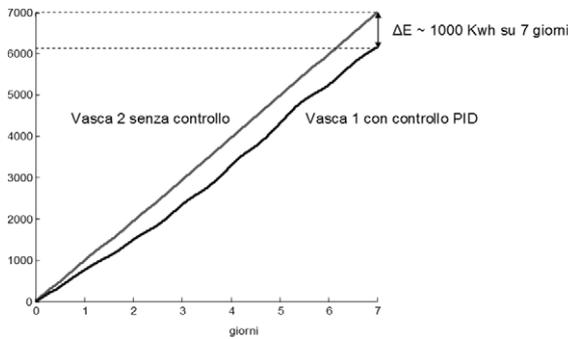
È stata infine impostata la struttura di un sistema di monitoraggio/telecontrollo per coordinare le derivazioni con il livello del lago, il livello del mare e la situazione delle idrovore di bonifica con i rilasci dalle dighe gestite da ENEL a monte della derivazione tenendo conto del mantenimento del deflusso minimo vitale nel tratto terminale del fiume, a valle della derivazione. Dopo l'approvazione del progetto da parte della Regione Toscana e del Ministero dell'Ambiente si attende la realizzazione dell'opera, che è stata affidata alla Provincia di Pisa.



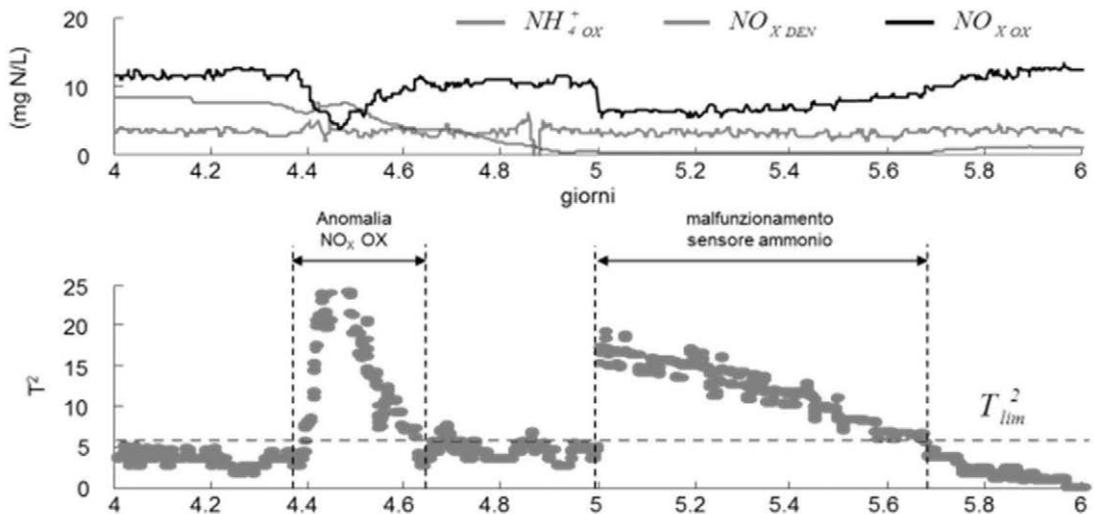
Evoluzione prevista per la crescita di alghe e di macrofite nella laguna di Orbetello mediante il software LaguSoft.



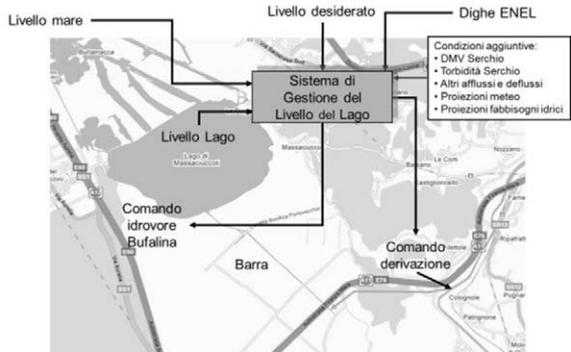
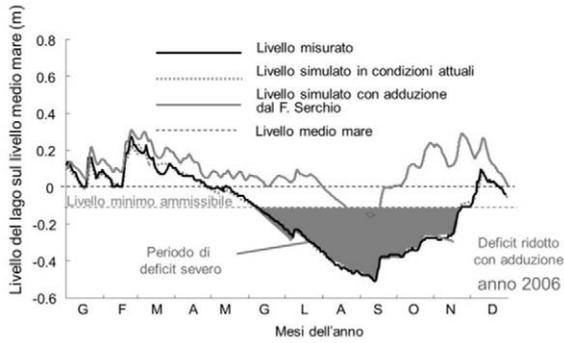
La piattaforma software LaguSoft: (sinistra) percorso ottimale di un battello raccogli alghe calcolato da LaguSoft in base alle proiezioni di crescita della vegetazione sommersa; (destra) interfaccia utente di LaguSoft.



Sistema di telecontrollo di un impianto di depurazione biologica situato nei pressi di Empoli: (sinistra) paragone fra i consumi di una linea di impianto controllata ed una tradizionale per confronto; (destra) pannello remoto di controllo dell'impianto.



Sistema di rivelazione dei guasti: discriminazione di un'anomalia di processo (primo segnale di allarme, a sinistra) e di un malfunzionamento del rilevatore di ione ammonio (a destra).



Sistema di telecontrollo del complesso lago di Massaciucoli-fiume Serchio: (a sinistra) confronto fra livello del lago osservato e simulato, sia in condizioni attuali che con l'adduzione; (a destra) struttura del sistema di telecontrollo.

INNOVAZIONE E PROGETTAZIONE NEL SETTORE DELLE MACCHINE E DEI SISTEMI

Francesco Martelli¹

La Facoltà di Ingegneria di Firenze, fin dai propri esordi, ha costantemente cercato di sviluppare proficue collaborazioni con i soggetti industriali del territorio comunale e regionale, nella profonda convinzione che il rapporto con il territorio in cui si esercitano le funzioni accademiche non possa prescindere da una solida collaborazione, specie in un settore come quello dell'ingegneria meccanica ed industriale, che è fortemente legato alla realtà industriale, e quindi non può prescindere dal tessuto locale. Questa collaborazione ha da sempre avuto un flusso bidirezionale: dall'università verso il mondo industriale locale l'apporto di competenze e contributi scientifici sviluppati anche in contesti internazionali, dall'altro la proposta di tematiche e problematiche industriali di alta valenza tecnologica.

Fra le molteplici collaborazioni che nel tempo si sono sviluppate con una vasta popolazione di imprese ed enti, piace qui riportarne alcune di maggior impatto per la rilevanza industriale che esse rappresentano anche nel panorama nazionale, senza con questo voler minimizzare i risultati ottenuti anche con le più piccole realtà.

Fin dai propri esordi, la Facoltà ha, come era nella sua naturale missione, continuamente intrecciato il suo percorso con quello della maggiore industria manifatturiera del comune: il Nuovo Pignone (NP). Da un lato infatti la Facoltà si è presentata fin da subito come 'vivaio' di ingegneri. Va sottolineato infatti che le politiche di assunzione del personale di NP, almeno fino ai primi anni '90, ovvero prima dell'ingresso di Nuovo Pignone nell'universo General Electric, si basavano sull'inserimento quasi esclusivo di neo-laureati. Visto il forte radicamento di Nuovo Pignone nell'area fiorentina, i neo-ingegneri provenienti dalle aule dei corsi di laurea della Facoltà di Ingegneria fiorentina erano decisamente la maggioranza. Successivamente e fino ai tempi attuali, è comunque rimasto sempre molto consistente il flusso di neo-ingegneri fiorentini assunti da NP nelle varie aree. È proprio di quegli anni che sono stati numerosi i corsi di formazione organizzati dalla Facoltà su tematiche specifiche a supporto degli ingegneri e dei tecnici del Nuovo Pignone.

Questa pratica ha portato a stringere rapporti ancora più solidi nel settore della ricerca e del trasferimento tecnologico, nel quale la Facoltà di Ingegneria si è sempre mostrata un partner strategico di NP. Da più di 30 anni infatti NP collabora con numerosi gruppi di ricerca afferenti ai vari dipartimenti di Ingegneria. La collaborazione, ancor oggi estremamente vivace, ha interessato principalmente i settori dell'analisi fluidodinamica e dell'analisi di scambio termico: la prima dedicata all'ottimizzazione delle prestazioni delle palettature di turbine a gas e a vapore, di stadi di compressori centrifughi e di parti statiche di compressori alternativi, la seconda dedicata alle parti 'calde' delle turbine a gas (camere di combustione e palettature dei primi stadi di turbina).

La collaborazione sinergica con NP ha spesso portato i gruppi di Ricerca della Facoltà di Ingegneria a maturare competenze nello sviluppo di *tool* per la simulazione numerica e di tecniche di analisi sperimentale che hanno permesso non solo di sviluppare i prodotti di NP ma anche di figurare come eccellenza nel panorama della ricerca internazionale. Nelle figure seguenti sono riportate alcuni esempi di simulazioni complesse sviluppate su componenti di turbina/compressore.

L'elevato livello di cooperazione scientifica si è ancor più consolidato attraverso la collaborazione nei corsi di dottorato di ricerca, per il suo naturale contenuto di ricerca avanzata. Da un lato ha visto la partecipazione attiva di NP mediante finanziamento di borse dedicate allo sviluppo di tematiche specifiche, dall'altro hanno visto la valorizzazione del percorso di studio di dottori di ricerca attraverso l'inserimento dei dottori ed anche di post-doc, che hanno speso ulteriori periodi di training alla ricerca nelle strutture della Facoltà in posizioni aziendali fortemente strategiche, ed anche di elevata responsabilità.

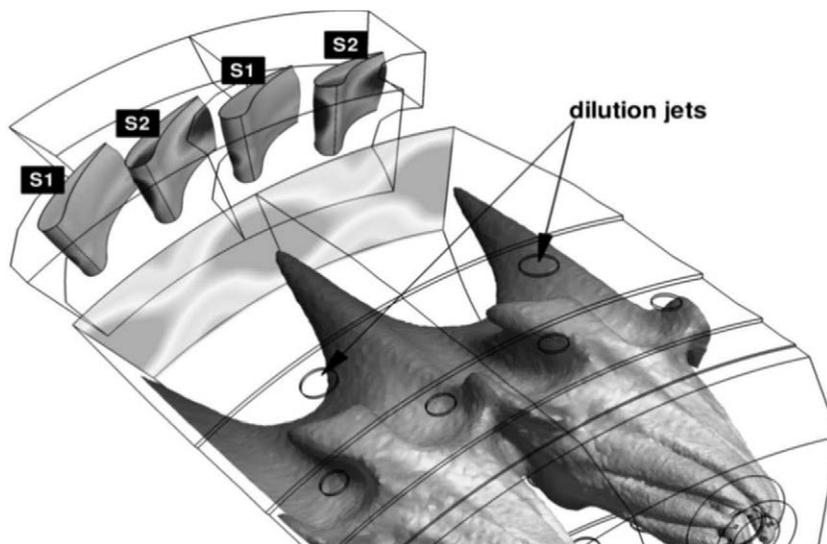
¹ Dipartimento di Ingegneria Industriale

Un discorso analogo può essere fatto con il Centro di Ricerche dell'ENEL di Pisa, con cui alcuni dipartimenti della Facoltà hanno da tempo immemorabile stabilito forti rapporti di collaborazione che durano ancor oggi nonostante le strutture e le *mission* di ENEL ed anche del suoi Centri di Ricerca abbiano subito significative mutazioni. La naturale collaborazione si è sviluppata nel campo degli impianti di potenza che rappresentano il *core* del sistema produttivo di ENEL. Negli anni iniziali della collaborazione la presenza di una Direzione generale per la Ricerca e Sviluppo (DSR) ha rappresentato un naturale canale di interazione, su tematiche di respiro strategico per la produzione di energia elettrica. Il miglioramento delle prestazioni dei suoi gruppi di produzione, turbine a gas ed a vapore, generatori di vapore, impianti combinati ad alta efficienza, hanno rappresentato per i nostri ricercatori delle sfide importanti e stimolanti i cui risultati hanno consentito sia ad Enel, che ai nostri giovani di raggiungere prestigiosi livelli scientifici in campo internazionale. Anche in questo caso le problematiche fluidodinamiche delle turbomacchine, e delle camere di combustione sia nelle turbine a gas che nei generatori di vapore, sono state il cuore delle collaborazioni. Non soltanto gli aspetti modellistici sono stati affrontati mettendo a punto strumenti di indagine ed ottimizzazione, ma si è anche direttamente collaborato alla realizzazione e poi utilizzazione di importanti strutture sperimentali per la qualificazione del comportamento delle camere di combustione. Molte sono state le tesi di dottorato di ricerca che sono state sviluppate sulle tematiche di interesse e sulle importanti strutture sperimentali messe a punto nell'ambito dei progetti congiunti di ricerca.

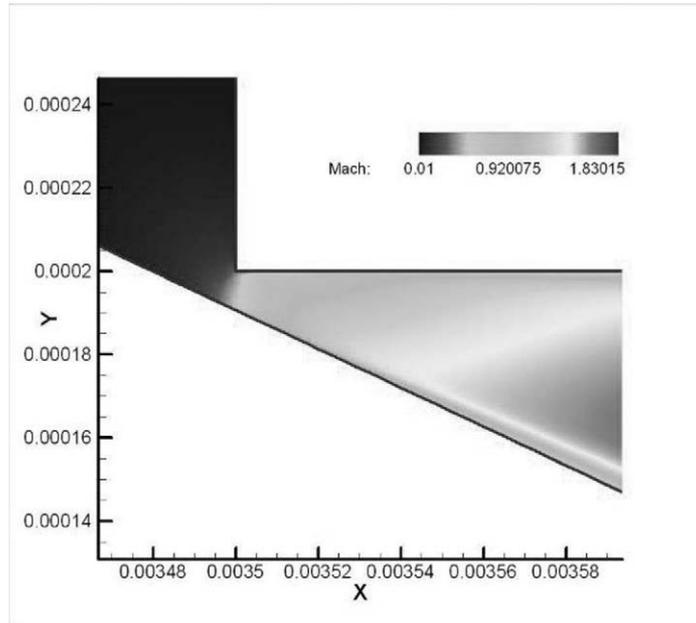
Va ricordato comunque che la Facoltà ha avviato e sviluppato rapporti anche con realtà industriali di dimensioni più contenute, quali piccole e medie imprese dislocate sul territorio, con attività sia di supporto alle loro esigenze di sviluppo che con la partecipazione a progetti di ricerca congiunti; fra queste vale la pena ricordare gli studi sull'ottimizzazione energetica dei processi produttivi della ditta Sammontana, famosa per i gelati, così come gli studi sulle metodologie di controllo delle emissioni con la ditta Rivoira in una più ampia visione di sinergia con ENEL

Altre attività hanno spaziato da problemi particolari come lo studio delle sollecitazioni sulle parabole dei radar, dovute alle azioni del vento, allo studio, con la sede locale di Alenia Thales, degli attuatori a gas inerte per applicazioni spaziali, mettendo in campo sofisticati strumenti di simulazione fluidodinamica sviluppati dai gruppi di ricerca della Facoltà.

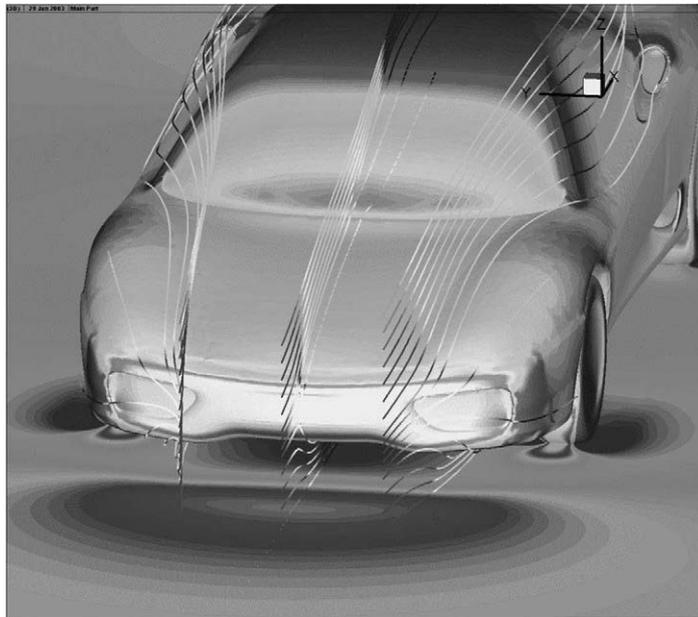
Anche con le associazioni degli industriali sono state sviluppate collaborazioni anche formative all'interno di consorzi ad hoc, che hanno dato interessanti ricadute, oltre allo sviluppo di canali di interfaccia con le industrie locali nell'ottica di partecipazioni congiunte a bandi di progetti.



Simulazione del flusso in uscita da un combustore, in entrata nella turbina di alta pressione: rappresentazione del fronte fiamma e carichi termici sulle palettature.



Campo di moto (numeri di *mach*) di un gas raro all'interno dell'attuatore per applicazioni spaziali.



Esempio di campo aerodinamico intorno ad auto sportiva (Ferrari).

L'ENERGIA E LE SFIDE DELLE NUOVE TECNOLOGIE ENERGETICHE

Francesco Martelli¹

In tempi più recenti le tematiche dell'energia che già a lungo avevano impegnato le strutture di ricerca del settore meccanico, si sono focalizzate sulle nuove sfide delle fonti energetiche rinnovabili e con tutte le problematiche connesse che hanno mostrato un ancor maggior legame col territorio.

Correva infatti l'anno 2005 quando alcuni dipartimenti dei settori scientifici dell'ateneo fiorentino decisero di formalizzare in maniera concreta le collaborazioni che avevano in atto già da anni nel settore delle energie rinnovabili. Nacque così il CREAR (Centro di Ricerca Interdipartimentale per le Energie Alternative e Rinnovabili), fortemente radicato nella Facoltà, che, a fianco di un'intensa attività di ricerca svolta a livello internazionale attraverso la collaborazione con le più importanti università, enti ed aziende del settore, non ha mai dimenticato il proprio territorio di origine, portando i risultati delle proprie attività ad investire Firenze e la sua provincia di idee ed azioni innovative nell'ambito della cosiddetta *green economy*. Possiamo dire con un certo orgoglio che abbiamo contribuito significativamente a portare Firenze e la Toscana ad essere una regione di punta nell'ambito delle rinnovabili.

Un esempio puntuale di queste attività è stato il progetto Biosit, finanziato dall'Unione Europea, che ha cercato di valutare le potenzialità energetiche delle biomasse nella regione toscana in base a particolari valutazioni di distretti di raccolta e valorizzazione. Nel settore delle bioenergie, ovvero utilizzo di biomasse a fini energetici, sono stati attivati brillanti progetti.

È stato così che le campagne dei dintorni della città che fu dei Medici, hanno sperimentato un modo diverso di vivere la filiera produttiva agricola proprio attraverso l'esperienza del progetto europeo VOICE, che ha sperimentato sul territorio l'idea una nuova azienda agricola in grado di dedicare una piccola parte del proprio terreno alla produzione di olio vegetale destinato a soddisfare non solo i propri bisogni termici ed elettrici, ma anche a mettere in moto gli strumenti che accompagnano il duro lavoro nei campi. E per alcuni giorni un trattore modificato è sceso dalle campagne in città per far bella mostra di sé e del giglio della provincia orgogliosamente in evidenza, ad ulteriore dimostrazione del fatto che un connubio tra moderna agricoltura e rispetto dell'ambiente non è solo possibile nei sogni, ma anche nella realtà di tutti i giorni, purché supportato da una attenta e meticolosa ricerca scientifica.

Dal 2009 l'impianto BIO_MGT (bio-microturbina a gas) di produzione combinata di energia elettrica e termica alimentato con i residui delle potature locali tiene in moto il processo produttivo della cooperativa agricola di Vicchio Il Forteto, facendo arrivare così sulle tavole dei Fiorentini dei generi alimentari non solamente frutto della cura della genuina tradizione toscana, ma anche di un rispetto per l'ambiente e di una visione di lungo termine che vede nel futuro senza combustibili inquinanti l'unica via per conciliare modernità e tradizione.

In un territorio che è ricco di fonti di energia alternative, perché le aziende presenti possano portare avanti con successo le loro idee ed iniziative nel campo dell'economia verde, c'è bisogno non solo del supporto teorico dei centri di ricerca, ma anche di quello pratico. Grazie anche al supporto della Regione Toscana è stato quindi possibile realizzare, nell'area industriale di Pianvallico nel Mugello, un laboratorio chimico analitico specificatamente dedicato alle analisi nel campo delle rinnovabili ed attrezzato con strumenti all'avanguardia, al quale le aziende possono rivolgersi con la certezza di ricevere una risposta accurata e competente alle loro domande.

Grazie a collaborazioni internazionali all'interno di progetti europei ed a collaborazioni con gli enti regionali, è stato possibile sviluppare innovative soluzioni di micro generazione con piccole turbine a gas alimentate da biocombustibili, studiati e messi a punto nelle nostre attrezzature sperimentali. Si sperimentano così nuovi combustibili rinnovabili basati sulle trasformazioni del materiale agroforestale; nella azienda

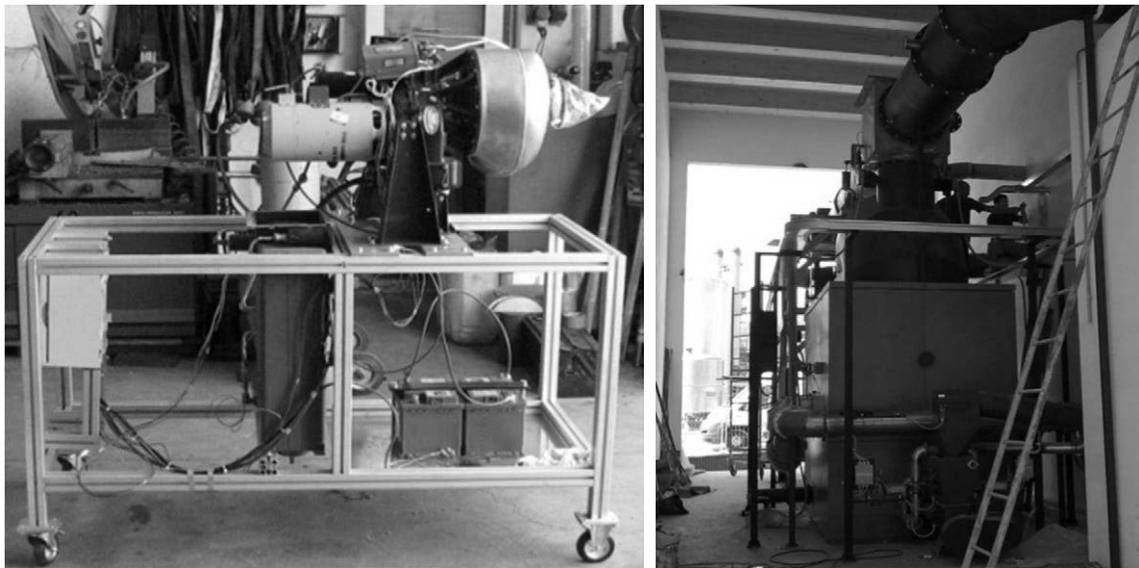
¹ Dipartimento di Ingegneria Industriale

agricola dell'Università sono infatti installate alcune attrezzature di turbina a gas. Nelle figure delle pagine seguenti sono presentati vari apparati sviluppati e testati proprio in questo contesto di ricerca, che ha dato lustro e prestigio, anche a livello internazionale ai nostri ricercatori.

Le esigenze puntuali della 'produzione elettrica' con l'avvento delle nuove regole del mercato, ha portato a proseguire le collaborazioni su nuovi fronti, fra i quali primeggiano gli aspetti ambientali e delle risorse rinnovabili. L'attenzione di Enel al settore delle energie rinnovabili ha trovato un pronto riscontro nelle strutture della nostra Facoltà, che, già in proprio, avevano aggredito questa tematica. Questa collaborazione ha così consentito di accedere a nuovi progetti di respiro nazionale ed internazionale, fra cui piace sottolineare quello dell'utilizzo dell'idrogeno puro in impianti di turbina a gas di potenza; i nostri ricercatori si sono impegnati nella revisione dell'impianto (30 MW) al fine di renderlo compatibile da un punto di vista ambientale.

Le attività nel campo delle fonti rinnovabili spaziano dalle bioenergie sopra descritte al geotermico, all'eolico. Anche l'interazione fra le diverse anime della Facoltà, grazie alla multidisciplinarietà del CREAR, ha sviluppato attività nel settore del fotovoltaico con progetti innovativi realizzando collaborazioni con realtà locali dedite al controllo e all'elettronica di sistema.

Infine l'attenzione al territorio non trascurava le nuove generazioni, che vedono nelle opportunità della *green economy* uno sbocco per il loro futuro. In questi ultimi anni il master IMES in bioenergia ed ambiente ha accompagnato molti giovani studenti, fiorentini e non, nel mondo del lavoro, facendogli acquisire la professionalità necessaria ed indirizzandoli nella direzione più consona alle loro aspirazioni professionali. Il *master* decollato con il supporto comunitario quasi 10 anni fa, ha proseguito il suo cammino autonomamente, rafforzando sempre più l'interazione con territorio attraverso gli *stage* e tirocini previsti nel corso di studi presso piccole industrie ed agenzie attivi sul territorio.



Banco di prova di una Micro Turbina a gas alimentata a *biofuel* con adattamento a vari combustibili liquidi e gassosi (a sinistra); impianto BIO_MGT con turbina a gas alimentata a biomassa installato presso una cooperativa nel Mugello (a destra).



Il trattore della Provincia di Firenze alimentato ad olio vegetale puro.



Sul territorio provinciale è stato installato e testato un innovativo gassificatore frutto della collaborazione internazionale con i paesi orientali (India). In figura è riportata una visione dello stesso con i nostri giovani ricercatori all'opera.



Prototipo di collettore solare innovativo frutto di collaborazioni locali ed internazionali.

IDENTIFICAZIONE E CONTROLLO DEI PONTI DEL COMUNE DI FIRENZE

Salvatore Giacomo Morano¹

Sin dalla metà degli anni settanta il Dipartimento di Ingegneria Civile era stato più volte impegnato in studi e analisi su singoli ponti, spesso eseguendo anche prove statiche e dinamiche e curandone la successiva interpretazione. Talvolta si era trattato di prove su opere nuove a supporto delle attività di collaudo, come per il Ponte dell'Indiano (1976-77), il Ponte di Varlungo (1979) o il Ponte sull'Arno a S. Giovanni Valdarno (1990). In altri casi le attività avevano riguardato opere esistenti, talora anche ponti storici e monumentali, come era avvenuto per il Ponte S. Trinita (1989).

Nei primi anni novanta, basandosi sul patrimonio di tecniche e di cognizioni maturato nelle numerose esperienze precedenti, il Dipartimento si impegnò in un'attività di ricerca sui ponti più ampia e organica commissionata dal Comune di Firenze.

L'Amministrazione della Città intendeva procedere a una catalogazione generale e a un controllo statico delle proprie opere d'arte viarie. I sistemi di censimento e controllo sistematico dei ponti, oggi molto più diffusi e perfezionati, nei primi anni novanta erano ancora in corso di sviluppo ed interessavano soprattutto le amministrazioni che gestivano grandi reti viarie, quali le Autostrade e le Ferrovie dello Stato, con opere d'arte molto più omogenee.

Il patrimonio di Ponti del Comune di Firenze, estremamente vario ed eterogeneo per tipologie e materiali costruttivi, in cui coesistono strutture con qualche decennio di vita con altre vecchie di molti secoli, richiedeva l'adozione di una metodologia tecnico-scientifica e di procedure specifiche, la cui definizione venne affidata al Dipartimento di Ingegneria Civile nella forma di una convenzione di ricerca.

Le attività, svolte tra il 1992 e il 1996 sotto la direzione scientifica del prof. Andrea Chiarugi, contemplarono la messa a punto e la codifica della procedura anche attraverso la sua immediata e diretta applicazione a dieci ponti indicati dal Comune: Ponte Vecchio, Ponte S. Niccolò, Ponte alle Grazie, Ponte alla Vittoria, Ponte dell'Indiano, Passerella pedonale dell'Isolotto, Passerella pedonale Leoncavallo, Cavalcaferrovia delle Cure, Ponte al Pino, Ponte di Mezzo sul Terzolle.

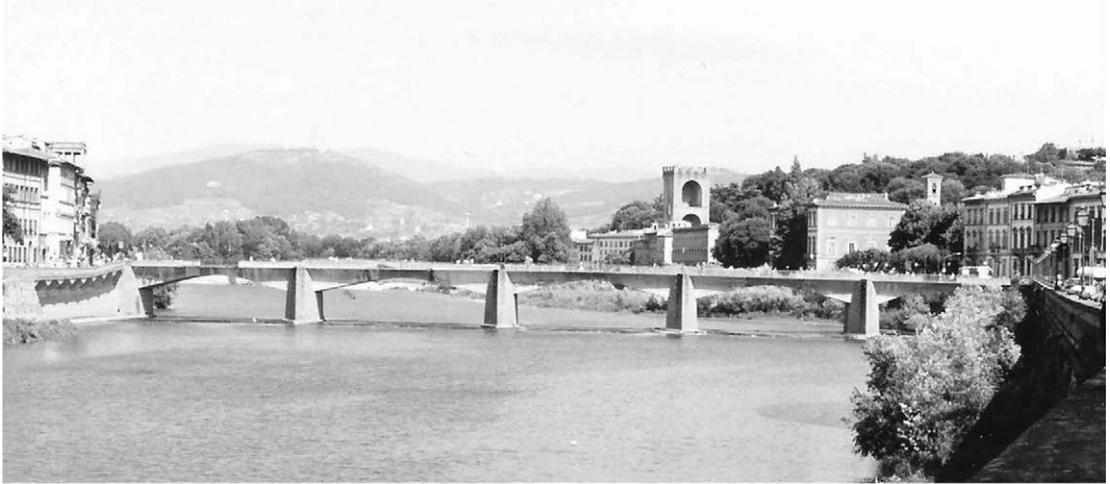
Per ciascuno di questi venne reperito e catalogato tutto il materiale documentale, ritrovando spesso anche i progetti originali, vennero eseguite accurate ispezioni per controllarne lo stato di conservazione e l'avanzamento del degrado, vennero condotte analisi per l'identificazione strutturale anche attraverso modellazioni numeriche complesse e, in molti casi, vennero eseguite prove statiche e dinamiche in situ.

Particolarmente significative furono le prove dinamiche con eccitazione da vibrodina eseguite sul Ponte Vecchio, le prove statiche sulla passerella pedonale dell'Isolotto e l'articolata campagna di prove dinamiche che riguardarono sia l'impalcato che il sistema di stralli del Ponte dell'Indiano.

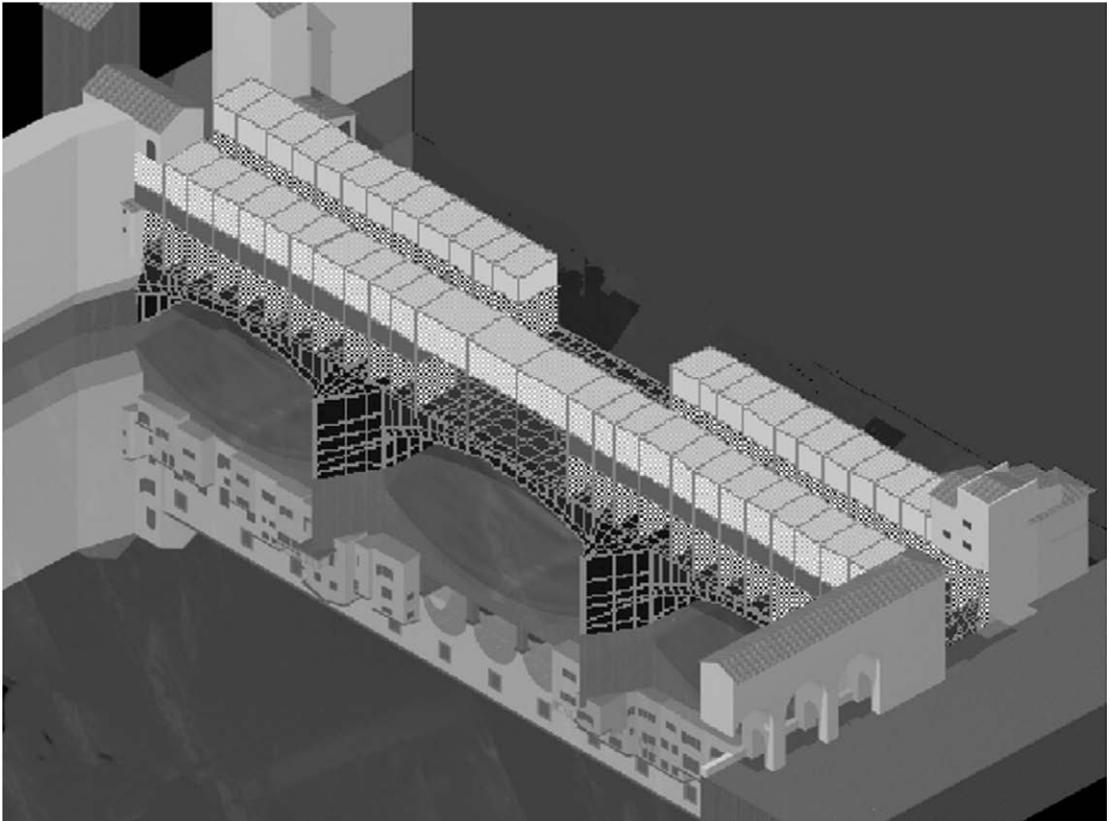
Tutto ciò confluì nella redazione di schede dettagliate che fornivano una descrizione completa per tutti gli aspetti di ciascuna opera.

Per alcuni ponti questa attività consentì di evidenziare delle criticità alle quali, negli anni successivi, il Comune di Firenze avrebbe posto rimedio con l'esecuzione di importanti lavori di manutenzione straordinaria.

¹ Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale



Ponte alle Grazie sul fiume Arno a Firenze.



Ponte Vecchio – il modello con il metodo degli elementi finiti su una ricostruzione geometrica del ponte e degli annessi (tratto dalla copertina dei documenti della convenzione di ricerca).

I CONTRIBUTI DEI SISTEMI DISTRIBUITI: DALLA MUSICA AI ‘SOCIAL MEDIA’

Paolo Nesi¹

La nascita di Internet ha influenzato l’evoluzione dell’ingegneria dell’informazione in modo profondo. I primi anni novanta sono stati segnati da moltissime ricerche che hanno prodotto innovazioni, tecnologie e soluzioni basate sulla comunicazione fra calcolatori, andando a porre le basi dei moderni sistemi distribuiti e mobili. La ricerca nel campo dei sistemi distribuiti ha prodotto una vera e propria rivoluzione favorendo lo sviluppo di soluzioni di complessità e flessibilità crescenti, prima su reti fisse e in seguito su quelle mobili. A metà degli anni novanta, alla Facoltà d’Ingegneria nasce il gruppo dei sistemi distribuiti sulla spinta di alcuni progetti di ricerca. Le varie ricerche si sviluppavano sui fondamenti dei sistemi distribuiti, e le sue applicazioni all’automazione industriale, ai beni culturali, alle arti performative e la musica. Fra queste, il leggio elettronico per la musica MOODS (*Music Object Oriented Distributed System*), si mostrava come un’area futuribile e innovativa, e quella che ha determinato il maggior impatto a livello nazionale ed internazionale.

MOODS nasce dalla collaborazione del gruppo di sistemi distribuiti con alcuni Maestri della Scuola di Musica di Fiesole: il primo prototipo di sistema collaborativo di leggio ‘elettronici’ per orchestre e gruppi. Il progetto vedeva inoltre la collaborazione del Teatro alla Scala, di Ricordi e altri editori. MOODS si dimostra in grado di gestire in modo funzionale ed efficace l’enorme quantità di informazione utilizzata da orchestre durante le prove e i concerti, opere, balletti, etc.; da studenti di musica durante le lezioni; e dagli editori di musica durante la realizzazione /revisione di partiture e parti. È un cambio epocale, poter collaborare in tempo reale con altre persone nella modifica di documenti digitali complessi come la musica per la preparazione di modifiche alle numerose parti in pochi secondi: «ora vi do le nuove arcate e la diteggiatura di tutta la battuta», senza aspettare di modificare a matita ogni parte. Gli orchestrali, come il direttore, ricevono la musica tramite la rete, e lavorano su partiture e parti in modo collaborativo. Grazie a MOODS sono anche dispensati dal dover girare le pagine, si leggeva «Spartiti addio. Arriva il leggio elettronico». Oggi si è abituati a vedere sistemi mobili come i *tablet/iPad*. MOODS proponeva gli stessi principi di interazione, usabilità e comunicazione, con i limiti della tecnologia del momento. Anche se MOODS nasce per gestire l’informazione musicale durante le prove e le esecuzioni in gruppi di musicisti, ha prodotto risultati fondamentali per il governo e la costruzione di sistemi collaborativi garantendo causalità, consistenza, convergenza e ‘*un do selettivo*’.

Su tali basi si sono in seguito sviluppate ricerche sui sistemi distribuiti collaborativi, sull’elaborazione del segnale audio, e sulla rappresentazione semantica delle informazioni. Continua la collaborazione con la Scuola di Musica di Fiesole, e nascono collaborazioni con il Maggio Musicale Fiorentino, Arcipelago Musica, Casa Ricordi, Sugarmusic, e internazionali con IRCAM (*Institut de Recherche et Coordination Acoustique/Musique*), etc. Nasce WEDELMUSIC per la ricerca su modelli e strumenti per la gestione di archivi musicali che crea nuovi modelli di protezione e di gestione dei diritti della musica.

Tali ricerche hanno posto le basi per applicazioni e soluzioni fino a quel momento impossibili. Molto si deve alla definizione di un nuovo formato, di un nuovo modello semantico descrittivo della musica che ha unificato la rappresentazione su domini multipli come le note su spartiti e parti, i suoni prodotti, gli eventi generati, la lirica, la rappresentazione Braille. Sulla base del nuovo modello nascono strumenti innovativi per la notazione musicale e la loro integrazione con i media, verso sistemi digitali come i computer, ma anche decoder che oggi abbiamo nelle nostre case, e infine nei sistemi mobili. Nel 2008, i risultati di ricerca sono riconosciuti a livello internazionale, il gruppo MPEG ISO (*International Standard Organization*) identifica nel formato WEDELMUSIC derivato da MOODS la fonte primaria per la definizione dello standard MPEG SMR (*Symbolic Music Representation*), una parte di MPEG-4. MPEG-4 è alla base dei nostri decoder

¹ Dipartimento di Ingegneria dell’Informazione

satellitari, ma anche il formato che troviamo dentro i DVD, e molti dei video che oggi vediamo sono in tali formati. MPEG SMR è pertanto una soluzione dell'Università di Firenze.

Fanno parte di tale famiglia MPEG SMR: soluzioni per la formattazione automatica della musica per strumenti di editoria musicale, soluzioni per trasformare in modo automatizzato le partiture cartacee in formati simbolici gestibili dal calcolatore, gli OMR (*Optical Music Recognition*); i modelli per la gestione della componente lirica multilingua, etc. Nascono le soluzioni educazionali collaborative (I-MAESTRO) con le quali i movimenti del musicista vengono analizzati in tempo reale dal calcolatore per produrre suggerimenti e annotazioni sulla sua esecuzione, i maestri di musica possono interagire con i loro studenti a distanza ed in modo collaborativo, inviare esercizi di teoria e pratica musicale, ricevendo dai terminali dei loro studenti informazioni utili sul comportamento e sui miglioramenti degli studenti stessi. Alla base di tali soluzioni, vi sono ricerche su algoritmi e modelli di analisi del segnale che dall'audio polifonico permettono di riconoscere le voci degli strumenti, le singole note, gli attacchi, gli accordi, ma anche le sfumature. A questo riguardo nel 2009, il gruppo risulta vincitore della competizione internazionale MIREX fra gruppi di ricerca sulla conversione da suono a musica simbolica per quanto riguarda la polifonia del piano. In seguito nasce il laboratorio INEA per l'ingegneria elettroacustica con la collaborazione di svariate industrie Fiorentine del settore e tre dipartimenti di ingegneria con i docenti prof.ssa M. Carfagni, prof. F. Argenti e l'autore di questo contributo.

Sulla stessa linea si sviluppano ricerche per la creazione di soluzioni di gestione, protezione e distribuzione di contenuti digitali e dei diritti, AXMEDIS, contribuendo alla definizione dello standard MPEG-21 tramite soluzioni sviluppate nell'ambito della ricerca con BBC, Eutelsat, Tiscali, HP, RAI, SIAE, AFI, SDAE, Accademia Nazionale di Santa Cecilia (Roma), etc., in quel periodo si leggeva «da Firenze la tecnologia anti-pirateria». Alcune di queste soluzioni nell'ambito della produzione e protezione automatizzata di contenuti digitali per la grande distribuzione e la gestione dei diritti hanno avuto riconoscimenti come quello dell'*Italia degli innovatori* dell'Agenzia per la diffusione delle tecnologie per l'innovazione della Presidenza del Consiglio dei Ministri.

Nel 2010, la ricerca ha portato a sviluppare algoritmi e soluzioni per i *Social Media* e *cloud*, fondando ECLAP (*European Collected Library of Artistic Performance*, <<http://www.eclap.eu>>), che da una parte gestisce contenuti digitali che provengono da oltre 35 prestigiose istituzioni internazionali e nazionali, come l'archivio del premio Nobel Dario Fo e Franca Rame, l'Università di Glasgow, l'Università di Roma, l'Università di Amsterdam, etc.; dall'altra le mette in comunicazione con Europeana (la *library* digitale europea dei beni culturali) e tutte le *social network* da Facebook a Twitter. ECLAP sviluppa ricerca per la definizione di nuovi strumenti educazionali basati su modelli semantici, motori di ricerca avanzati, e strumenti di aggregazione e annotazione. Le ricerche alla base di ECLAP rientrano in quelle che oggi sono chiamate tecnologie del *Social Media* e di *Data Analytics*. Queste includono aspetti di modellazione semantica delle relazioni, indicizzazione semantica multilingua, analisi del linguaggio naturale, produzione di algoritmi di analisi per la produzione di raccomandazioni e suggerimenti per stimolare il comportamento degli utenti e per aiutarli a collaborare e ad apprendere. Particolare attenzione è rivolta allo studio del comportamento degli utenti, anche per facilitare l'uso di strumenti mobili come *smartphone* e *tablet*, per l'accesso a contenuti educazionali che includono video, audio, *e-book*, documenti, immagini, animazioni, collezioni, corsi, annotazioni, e *playlist*, e la gestione dei contenuti generati dagli utenti stessi, UGC.

Questa illustrazione del coinvolgimento dei ricercatori della Facoltà di Ingegneria dovrebbe aver esemplificato come le ricerche e le tecnologie dei sistemi distribuiti e di Internet possano aver prodotto delle innovazioni che hanno cambiato in modo sostanziale la nostra vita di tutti i giorni. Oggi rimane naturale comunicare utilizzando sistemi mobili, e collaborare per produrre documenti e artefatti digitali tramite la mediazione del computer, senza pensare che le ricerche alla base di tali soluzioni e tali standard, oramai molto diffusi, derivano anche dal lavoro fondamentale dei nostri ricercatori, dalla loro costanza e dalla loro competenza a livello internazionale. Questo fatto è spesso ricordato dai nostri Ingegneri che si sono trovati a confrontarsi da studenti con tali problematiche molti anni prima che queste siano diventate di interesse per le industrie e presenti in strumenti di consumo. Per questo siamo orgogliosi di aver fornito e di continuare a fornire un bagaglio di notevole competitività internazionale.



MOODS: prove della Scuola di Musica di Fiesole, 1997.



Prima di MOODS al Teatro alla Scala (Milano, 1998).



MPEG4 player con la codifica della musica in formato MPEG SMR.

ECLAP, la rete di buona pratica europea per i contenuti delle arti performative e l'uso delle tecnologie di social media (video di Dario Fo).

INGEGNERIA E RADIOASTRONOMIA AD ARCETRI

Renzo Nesti¹, Gianni Tofani¹

L'attività di ricerca sulla Radioastronomia presso l'Osservatorio Astrofisico di Arcetri, che oggi fa parte dell'INAF (Istituto Nazionale di Astrofisica), rappresenta una 'eccellenza' fiorentina, che si innesta, a partire dagli anni '60, con la direzione di Guglielmo Righini, su una lunga tradizione scientifica nell'ambito dell'Astronomia, che ebbe le sue origini a Firenze con la costruzione della 'Specola', il primo osservatorio astronomico, annesso al Regio Museo di Fisica e Storia Naturale, costruito alla fine del XIX secolo su volere del granduca Pietro Leopoldo di Lorena.

La Radioastronomia, che ha assunto sempre maggiore rilievo per lo studio dei meccanismi di formazione delle stelle, e dell'origine e formazione dell'universo visibile, della dinamica e dell'evoluzione delle galassie, si basa sull'analisi della radiazione elettromagnetica emessa dai corpi celesti nel dominio delle radiofrequenze (nel *range* di frequenze che va da pochi MHz alle 'microonde'). Larga parte di questa radiazione penetra attraverso l'atmosfera terrestre e può essere misurata a terra con i radiotelescopi, ovvero telescopi operanti nelle bande radio, la cui tecnologia è basata largamente su tecniche usate anche nei campi delle telecomunicazioni.

Nella progettazione di un radiotelescopio assume particolare importanza l'accoppiamento fra l'antenna, in genere una superficie di raccolta della radiazione, ed il sistema di ricevitore, che permette l'analisi del segnale. Le perdite di disadattamento o di assorbimento nei componenti passivi, nonché le non perfette condizioni geometriche di superficie di raccolta della radiazione, sono un campo d'indagine di particolare interesse nel bilancio dell'efficienza di un radiotelescopio i cui costi complessivi sono dell'ordine dei milioni di Euro.



L'Osservatorio di Arcetri, una delle eccellenze della ricerca, per tradizione ed attività, nell'area fiorentina.

¹ Osservatorio Astrofisico di Arcetri, Istituto Nazionale di Astrofisica



In Sardegna, a circa 35 km da Cagliari, in località Pranu Sanguni, nel comune di San Basilio, è in fase di completamento un grandioso impianto scientifico, denominato SRT (*Sardinia Radio Telescope*). Si tratta di un radiotelescopio del diametro di 64 m, di concezione moderna, disegnato per applicazioni di Radioastronomia, Geodinamica e Scienze Spaziali, che si configura come una *facility* internazionale di altissimo profilo. Il gruppo di ricerca RF, Microonde ed Elettromagnetismo si è occupato dello studio di diverse problematiche relative al progetto elettromagnetico dell'antenna, tra cui vale la pena ricordare il progetto del *front-end* a 22 GHz per il fuoco gregoriano del radiotelescopio (i polarizzatori sono stati realizzati dalle società Pasquali Microwave Systems di Firenze, mentre le antenne a tromba dalla CLOEMA di Bagno di a Ripoli).

Da alcuni anni si è consolidata la conoscenza e l'utilizzo di metodi di indagine, mediante analisi elettromagnetica complessa, per la progettazione di sistemi di collettori di radiazione nella zona focale di antenne variamente strutturate. Nel sistema di ricevitore, di normale utilizzo nella catena di un radiotelescopio, anche gli elementi passivi di trasmissione e combinazione del segnale richiedono una fase di progettualità e ottimizzazione complessa per minimizzare le perdite d'inserzione, controllare la larghezza di banda passante e migliorare la purezza di polarizzazione.

Lo sviluppo dei metodi di analisi elettromagnetica sopramenzionati è una delle attività principali dell'Osservatorio di Arcetri, che in questo ambito, ormai da circa venti anni, ha stretto una proficua collaborazione con il Dipartimento di Elettronica e Telecomunicazioni (adesso Ingegneria dell'Informazione), attraverso il gruppo di ricerca in RF, Microonde ed Elettromagnetismo. Questo filone di ricerca ha dato vita, negli anni, a numerosi progetti scientifici per lo studio, l'ottimizzazione e la realizzazione dei diversi dispositivi elettromagnetici che costituiscono un sistema di antenna per applicazioni di radioastronomia, a partire dai *feed* per le antenne a riflettore, fino ad arrivare ai dispositivi passivi a microonde, che costituiscono i primi stadi del ricevitore di un radiotelescopio. Su queste tematiche il Dipartimento di Elettronica e Telecomunicazioni insieme all'Osservatorio di Arcetri hanno partecipato attivamente alla ricerca e sviluppo di tecnologie elettromagnetiche nelle bande radio, anche attraverso i vari progetti nazionali, coordinati dall'INAF, e i grandi progetti internazionali, coordinati da consorzi stabiliti *ad hoc* (progetti ALMA, *Atacama Large Millimeter Array*, e SKA, *Square Kilometre Array*) o guidati da agenzie spaziali (progetto Planck dell'Agenzia Spaziale Europea).

I gruppi di ricerca dell'INAF, che si occupano di radioastronomia, hanno una *leadership*, riconosciuta a livello internazionale – dall'ESA (*European Space Agency*), dalla NASA (*National Aeronautics and Space Administration*) e dall'ESO (*European Southern Observatory*) – per il progetto, la modellizzazione e le misure di sistemi ottici complessi. Una tale 'eccellenza', oltre a rappresentare un motivo di orgoglio per la ricerca italiana, consente di irrobustire e migliorare le competenze dell'industria nazionale, attraverso la stretta collaborazione tra gli enti di ricerca e le realtà manifatturiere locali, con le quali si è stabilito un continuo scambio di *know-how* e trasferimento tecnologico, per la produzione su piccola scala di componentistica (*feed*, polarizzatori, filtri in guida, accoppiatori) a frequenze fino a circa 200 GHz.

A questo proposito vale la pena citare l'ottima esperienza italiana nelle tecniche di elettroformatura, che consentono la realizzazione ad elevata precisione meccanica di dispositivi passivi con prestazioni spinte (larghezza di banda passante istantanea tipicamente maggiore del 20%, purezza di polarizzazione, massa e dimensioni contenute), operanti a frequenze di lavoro sempre maggiori. Nell'area locale vale la pena citare le ditte Pasquali Microwave Systems e CLOEMA.

Queste competenze sono state utilizzate per ricevitori montati su radiotelescopi sia italiani che internazionali, come ad esempio ALMA, i cui collettori, per le antenne realizzate sotto responsabilità ESO, saranno forniti dalla ditta Media Lario Technologies, nata di fatto da uno *spin-off* di istituti INAF per la realizzazione degli specchi della missione XMM (*X-ray Multi-Mirror*).



Array esagonale di sette antenne a tromba per il ricevitore in banda Q (33-50 GHz) del *Sardinia Radio Telescope* (SRT) realizzato dalla CLOEMA, una officina meccanica precisione di Bagno a Ripoli (Firenze).



Veduta aerea del Chajnantor Plateau, l'altipiano situato a 5000 m di altitudine sulle Ande Cilene che ospita l'array di antenne di ALMA [Clem & Adri Bacri-Normier (wingsforscience.com)/ESO].

PROGETTO DI FATTIBILITÀ DI UN SISTEMA DI 'MICROMETROPOLITANA' PER LA CITTÀ DI FIRENZE

Maurizio Orlando¹

Il Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale si è occupato, nel tempo, di vari problemi del territorio fiorentino e fra questi uno dei contributi più significativi ha riguardato uno studio sulla mobilità urbana, con una proposta molto originale: il progetto di fattibilità di un sistema di 'micrometropolitana' per la città di Firenze.

Lo studio ha preso le mosse da un'idea originale di Tito Arcelli (professore emerito di Fisica presso l'Università di Firenze), si è sviluppato in collaborazione con altri ricercatori dell'Università di Firenze e con il coordinamento di Franco Angotti. Lo studio, finanziato dall'Ente Cassa di Risparmio di Firenze, ha impegnato il gruppo di ricerca per circa tre anni, ha affrontato in modo innovativo i problemi del trasporto pubblico di Firenze ed è stato concepito come un sistema di trasporto complementare a quello delle linee tranviarie con una concezione gerarchica fra le reti: 'micrometropolitana', tramvia, trasporto su gomma. Lo studio mantiene ancora una sua attualità e può rappresentare un intervento risolutivo per la mobilità di Firenze, in quanto si affiancherebbe alla rete tranviaria un sistema di trasporto ancora più incisivo, veloce, frequente, sotterraneo e quindi totalmente sottratto ai problemi del traffico di superficie, ma allo stesso tempo facilmente accessibile dal tessuto urbano del centro storico di Firenze.

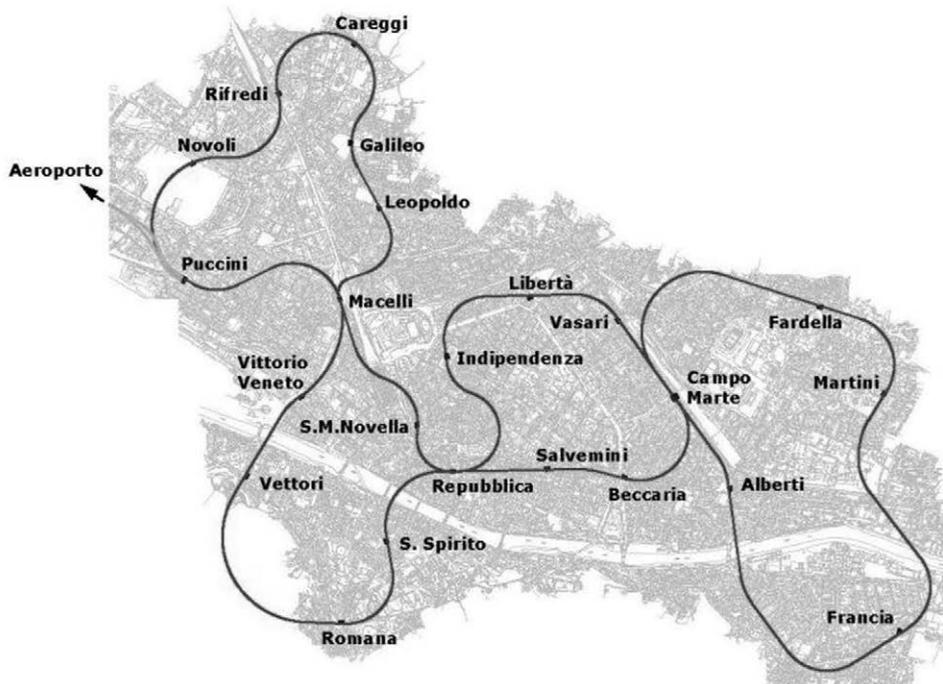


Lo studio di fattibilità di un sistema di 'micrometropolitana' per Firenze, condotto da un gruppo di ricercatori dell'Università di Firenze coordinato da Franco Angotti, è stato svolto in due fasi: la prima si è conclusa nel febbraio 2001 e la seconda nel marzo 2004. La pubblicazione *Sistema di micrometropolitana per Firenze*, ed. Polistampa, Firenze 2004, è una sintesi della seconda fase dello studio e ha un valore puramente illustrativo.

¹ Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale

Le principali caratteristiche del sistema progettato sono: circolazione a senso unico su più tracciati chiusi con notevole risparmio sui costi di costruzione, vasta copertura del territorio ed elevati livelli di gestione, velocità, frequenza ed automazione; diametro interno delle gallerie di soli 4 m (contro gli 8,9 m di una metropolitana tradizionale) con riduzione dei costi di escavazione del 30% rispetto al tunnel di una 'micrometropolitana' tradizionale e semplificazione di impianti e stazioni; ridotte dimensioni delle stazioni con forte riduzione dell'impatto su eventuali stratificazioni storico-archeologiche presenti nel sottosuolo; vetture con sezione asimmetrica che si aprono su un solo fianco, ma con molte più portiere di una vettura convenzionale, in modo da ridurre i tempi di uscita ed entrata dei passeggeri alle stazioni.

Dalle simulazioni di traffico effettuate in collaborazione con l'ATAF (Azienda Trasporti dell'Area Fiorentina), è emerso il forte impatto positivo che la 'micrometropolitana' avrebbe sulla domanda di trasporto e sul traffico cittadino. Essa potrebbe trasportare circa 20.000 passeggeri nell'ora di punta e circa 185.000 nel giorno tipo, l'equivalente di quello che fanno oggi 160.000 automobili al giorno.



Il tracciato della 'micrometropolitana' con indicazione delle 23 stazioni.



Rappresentazione artistica della 'micrometropolitana' del cui progetto di fattibilità si è occupato il Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale dell'Università di Firenze.



Rappresentazione artistica dell'ingresso della stazione della 'micrometropolitana' di piazza della Repubblica.

IL PC FIORENTINO

Franco Pirri¹

Il primo microcontrollore integrato commercialmente disponibile fu fabbricato da Intel nel 1971². Tuttavia, fu solo l'introduzione del *chip* 8080 nel 1974, sempre da Intel³, che portò ad una fioritura di progetti in tutto il mondo per costruire i cosiddetti 'microcalcolatori'.

Dal 1977 in avanti centinaia di aziende nacquero per produrre 'microcalcolatori'. La maggior parte di queste era localizzata negli USA o in Giappone. Tuttavia, l'Italia ha una posizione tutt'altro che trascurabile, grazie soprattutto alla vecchia Olivetti e, come vedremo più avanti, anche grazie alla General Processor di Firenze, nata anche con il contributo di quello che allora era l'Istituto di Elettronica della Facoltà di Ingegneria dell'Università di Firenze.

In quegli anni mi occupavo di progettazione digitale e della gestione del minicalcolatore dell'Istituto di Elettronica a Santa Marta. Durante le attività di tutoraggio si instaurò una relazione, evoluta poi in amicizia con diversi studenti della Facoltà, interessati agli sviluppi delle tecniche di progettazione dei microcalcolatori⁴.

Uno di questi, Gianni Becattini, fondò un'impresa, chiamata Micropi, per la produzione di schede elettroniche a microcontrollore. Tra queste, quella commercializzata con il nome di 'Child8' utilizzava il microcontrollore F8 della Fairchild. Con Gianni collaborarono altri studenti della Facoltà, in particolare Claudio Boarino e Stefano Giusti. Poco dopo Gianni e Stefano fondarono, sempre a Firenze, anche con la mia partecipazione, la General Processor Srl (GP).

Il primo prodotto della GP fu il 'ChildZ'. Uno dei primi modelli della linea è riportato nella figura che segue. Il pannello di controllo richiese un'accurata progettazione ergonomica. Il *layout* finale imitava gli interruttori a leva del minicalcolatore della Digital Equipment PDP-8 e permetteva una semplice introduzione del programma direttamente in esadecimale. Nel tempo, al 'ChildZ' vennero collegate e gestite varie periferiche, tra le quali un registratore audio per la registrazione e la riletture dei programmi. In ultimo vennero agganciati un *floppy* da 8" ed una scheda video da 16×64 caratteri⁵.



Il 'ChildZ' della General Processor di Firenze.

¹ Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione

² http://en.wikipedia.org/wiki/Intel_4004

³ http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_Intel_microprocessors#Intel_400

⁴ http://telemat.det.unifi.it/Home_pages/fpirri/Storia/LavoroUniv.html#inizio

⁵ http://telemat.det.unifi.it/Home_pages/fpirri/Storia/child-z.html

Il 'ChildZ' ebbe un buon successo nel mercato degli sperimentatori e delle piccole società assemblatrici di sistemi elettronici. Tuttavia, il processo produttivo era difficoltoso e non abbastanza economico.

L'esperienza del 'ChildZ' aveva mostrato l'utilità del BASIC su macchine molto piccole. Inoltre, si era ormai sviluppata anche la capacità di controllare periferiche come tastiere, video e memorie *floppy*. In definitiva, per la GP erano maturi i tempi per la progettazione di un elaboratore completo, dotato di tutte le periferiche. Il risultato fu una macchina più facilmente producibile, capace di girare programmi evoluti, supportata dal sistema operativo CP/M della Digital Research.

Per la nuova macchina fu scelto il nome di 'Modello T'. Il nome voleva richiamare la prima auto prodotta in grande serie da Ford, ma era ripreso anche dalla 'T' della televisione, dalla quale copiava alcune tecniche modulari della produzione in serie.

Un problema della GP era costituito dalla mancanza di strumentazione per la *test* dei prototipi ed il collaudo post-produzione. Le tecniche costruttive disponibili sul mercato non erano ben adattabili ad una produzione industriale medio-piccola. Comunque, la costruzione modulare permise di strutturare in modo flessibile la produzione e di effettuare il collaudo delle singole parti con tecniche manuali, sostanzialmente con macchine di *test* autocostruite. Il progetto del 'Modello T', riportato nella figura che segue, fu completato nel marzo del 1979 e la commercializzazione iniziò subito dopo. Nel 1980 veniva prodotto in media un 'Modello T' al giorno. La produzione fu commercializzata con una rete di concessionari regionali sia tra rivenditori di materiale elettronico, che negozi di macchine per ufficio. La maggior parte delle macchine prodotte trovò applicazione nel settore gestionale. I programmi venivano sviluppati in linguaggio BASIC dagli stessi concessionari, che potevano così competere con i produttori di applicazioni su minicomputer con prodotti abbastanza efficaci, ma con costo decisamente inferiore.



Il 'Modello T' della General Processor.

La collaborazione con quello che era l'Istituto di Elettronica, sul progetto *hardware*, la produzione e su alcune parti del *software*, fu essenziale per il successo del prodotto.

Circa un anno dopo, il 12 Agosto del 1981, la IBM propose il proprio modello 5150, chiamandolo 'Personal Computer' e dando inizio ad una nuova era delle macchine calcolatrici. Molti produttori tentarono di contrastare la diffusione del PC IBM proponendo propri modelli con esso non compatibili. A parte pochissime eccezioni, tutti questi tentativi fallirono miseramente. Il mercato accettava invece macchine compatibili con il PC ed innumerevoli fabbricanti cominciarono a clonare il PC IBM. In particolare, nel 1983 l'Olivetti ebbe un successo commerciale di livello mondiale con il modello 'M-24', al quale però non riuscì a dare discendenti altrettanto validi.

General Processor, con la quale la mia collaborazione terminò nel 1981, continuò l'attività con un buon successo fino al 1984 circa.

POSTFAZIONE

Stefano Manetti

Preside della Facoltà di Ingegneria dell'Università di Firenze

Nei primi mesi dell'anno 2013 la Facoltà di Ingegneria cessa la sua attività. La legge 240 del 30 dicembre 2010, la cosiddetta 'riforma Gelmini', prevede, infatti, la scomparsa delle Facoltà, perlomeno nella forma in cui questo tipo di istituzione ha operato negli ultimi decenni.

In alcuni Atenei, in realtà, ci saranno ancora delle strutture denominate Facoltà ma che solo nominalmente richiameranno le precedenti istituzioni. La legge 240 prevede, all'articolo 2, comma 2, la possibilità di

[...] istituire tra più dipartimenti, raggruppati in relazione a criteri di affinità disciplinare, strutture di raccordo, comunque denominate, con funzioni di coordinamento e razionalizzazione delle attività didattiche, compresa la proposta di attivazione o soppressione di corsi di studio, e di gestione dei servizi comuni.

Alcuni Atenei hanno deciso di chiamare queste 'strutture di raccordo' Facoltà, molti altri Atenei hanno deciso di denominarle Scuole, altri ancora, in genere gli Atenei di più piccole dimensioni, di non istituirle affatto.

L'Università di Firenze, nel suo nuovo Statuto, redatto ai sensi della legge 240, è tra gli Atenei che hanno scelto di istituire le nuove strutture di raccordo e di denominarle Scuole, tenendo conto della profonda differenza che ci sarà tra queste e le precedenti Facoltà.

Nell'organizzazione universitaria precedente all'applicazione della legge 240, le Facoltà hanno ricoperto un ruolo di fondamentale importanza. In particolare i docenti universitari erano incardinati nelle Facoltà, nel senso che i professori, ordinari e associati, e i ricercatori iniziavano il loro lavoro presso un Ateneo a seguito di una 'chiamata' da parte di una Facoltà, prendevano servizio presso la Facoltà, che regolava ed organizzava la loro attività didattica e, in sostanza, gestiva la loro carriera accademica.

Per quanto riguarda la ricerca, i docenti e ricercatori afferivano, su loro richiesta, ad un dipartimento che ne organizzava e coordinava l'attività di ricerca scientifica. La legge di riforma attribuisce, invece, ai nuovi dipartimenti la responsabilità sia delle attività di ricerca che delle attività didattiche.

Con la chiusura delle Facoltà spariscono anche la figura del Preside e il Consiglio di Facoltà, due istituzioni che hanno profondamente caratterizzato la vita del sistema universitario negli ultimi decenni.

Pur nei limiti previsti dalla legge 240, nell'applicazione della riforma il nostro Ateneo ha, comunque, scelto di assegnare alle nuove Scuole un ruolo rilevante. In particolare, il nuovo Statuto, all'art. 30, dispone che «il coordinamento delle attività didattiche esercitate nei corsi di laurea, nei corsi di laurea magistrale, nelle scuole di specializzazione, nonché la gestione dei relativi servizi avviene attraverso Scuole». Si prevede inoltre l'obbligo di ogni Dipartimento di aderire ad almeno una Scuola. Il Regolamento di Ateneo delle Scuole, approvato da Senato Accademico e Consiglio di Amministrazione nell'ottobre 2012, affida alle Scuole compiti di coordinamento e di supporto all'attività didattica di fondamentale importanza per l'erogazione dell'offerta formativa dell'Ateneo.

Nella riorganizzazione conseguente all'applicazione del nuovo Statuto si è poi deciso di costituire Scuole sostanzialmente in continuità con le precedenti Facoltà. Di conseguenza, nell'area dell'Ingegneria, nasce la Scuola di Ingegneria che, perlomeno in termini di visibilità esterna, si può considerare come 'erede' della Facoltà. La Scuola di Ingegneria è costituita dai tre nuovi Dipartimenti di Ingegneria (Ingegneria dell'Informazione, Ingegneria Industriale e Ingegneria Civile e Ambientale), dal Dipartimento di Architettura e dal Dipartimento di Matematica e Informatica.

Nell'area dell'Ingegneria, la presenza di una efficiente struttura di coordinamento dell'attività didattica è senza dubbio di fondamentale importanza, basti considerare la profonda ed essenziale interdisciplinarietà

di tutti i corsi di studio in Ingegneria che richiedono l'apporto di competenze provenienti da vari Dipartimenti.

D'altra parte, la nuova Scuola di Ingegneria è chiamata a svolgere anche un ruolo molto importante in termini di visibilità e rappresentanza degli studi di Ingegneria verso l'esterno e cioè verso gli studenti, le loro famiglie e il mondo del lavoro, che erano abituati ad avere come riferimento principale la Facoltà di Ingegneria.

Sono certo che la futura Scuola di Ingegneria di Firenze saprà ricoprire questo ruolo con l'autorevolezza e l'efficienza che ha sempre caratterizzato la nostra Facoltà.

L'applicazione della legge 240, con la conseguente chiusura delle Facoltà, viene a coincidere proprio col il quarantesimo compleanno della Facoltà di Ingegneria di Firenze, e questo volume ha lo scopo di celebrare questa ricorrenza e di raccontare questi primi quaranta anni di attività.

RINGRAZIAMENTI

I curatori desiderano ringraziare

Angotti Cesare – Dirigente Scolastico Regionale, Firenze
Angotti Franco – Professore emerito di ‘Scienza delle Costruzioni’ dell’Università di Firenze
Archivi Alinari – Firenze
Archivio Arcivescovile dell’Arcidiocesi di Firenze
Arnone Andrea – Direttore del Dipartimento di Ingegneria Industriale
Baglioni Piero – Dipartimento di Chimica ‘Ugo Schiff’
Bartaloni Maria Giulia – Responsabile della Segreteria del Rettore dell’Università di Firenze
Bicchielli Anita – Fotografo
Bicchielli Anna – Biblioteca di Scienze Tecnologiche
Blasi Paolo – Professore emerito di ‘Fisica’ dell’Università di Firenze

Borri Claudio – Direttore del Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale
Bracciali Andrea – Dipartimento di Ingegneria Industriale
British Museum – Londra
Camera di Commercio di Firenze
Canarutto Daniel – Dipartimento di Matematica e Informatica ‘Ulisse Dini’
Capecchi Silvia – Dipartimento di Ingegneria dell’Informazione
Chiesa Evangelica Riformata Svizzera
Capitani Renzo – Dipartimento di Ingegneria Industriale
Carrara Eugenio – Antella (Firenze)
Collezione Giannini – Roma

Comunità Ebraica di Firenze
Del Re Enrico – Direttore Dipartimento di Ingegneria dell’Informazione
De Rosa Alessia – Dipartimento di Ingegneria dell’Informazione
Desideri Laura – Gabinetto Scientifico-Letterario G.P. Vieusseux
Grazzini Barbara – Archivio Storico del Comune di Firenze
Guatelli Fulvio – Firenze University Press
Falugiani Carla – Segreteria Scuola di Ingegneria
Fallai Fabio – Ufficio Tecnico dell’Università di Firenze
Fondazione Giovanni Michelucci – Fiesole (Firenze)
Furi Massimo – Dipartimento di Matematica e Informatica ‘Ulisse Dini’

Lucci Leonardo – Dipartimento di Ingegneria dell’Informazione
Maraviglia Antonella – Responsabile dell’Ufficio Stampa dell’Università di Firenze
Marini Mauro – Dipartimento di Matematica e Informatica ‘Ulisse Dini’
Martarelli Giancarlo – Dipartimento di Ingegneria dell’Informazione
Migliore Gabriella – Coordinamento Centrale Biblioteche dell’Università di Firenze
Nesti Renzo – Osservatorio Astrofisico di Arcetri, INAF
Ordine degli Ingegneri Provincia di Firenze
Papini Elio – Ingegnere meccanico

Pera Patrizia – Dipartimento di Matematica e Informatica ‘Ulisse Dini’
Pieraccini Massimiliano – Dipartimento di Ingegneria dell’Informazione

Questa Marta – Archivio Storico del Comune di Firenze
Selleri Stefano – Dipartimento di Ingegneria dell’Informazione
Tortoli Piero – Dipartimento di Ingegneria dell’Informazione
Valdiserri Juna – Segretaria Scuola di Ingegneria
Villari Gabriele – Dipartimento di Matematica e Informatica ‘Ulisse Dini’
Zago Giuseppina – Segretaria Scuola di Ingegneria

GLI AUTORI

Di seguito sono riportate le afferenze degli autori che hanno contribuito a vario titolo alla presente pubblicazione. I Dipartimenti citati sono tutti afferenti all'Università di Firenze.

Allotta Benedetto – Dipartimento di Ingegneria Industriale
Angotti Franco – Professore emerito di 'Scienza delle Costruzioni' dell'Università di Firenze
Arnone Andrea – Direttore del Dipartimento di Ingegneria Industriale
Atzeni Carlo – Professore emerito di 'Elettronica' dell'Università di Firenze
Bartoli Gianni – Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale
Brogioni Luca – Archivio Storico del Comune di Firenze
Cappellini Vito – Professore emerito di 'Comunicazioni Elettriche' dell'Università di Firenze
Catelani Marcantonio – Presidente della Scuola di Ingegneria dell'Università di Firenze
Chiti Francesco – Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione
Corvi Andrea – Dipartimento di Ingegneria Industriale

Del Bimbo Alberto – Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione
Fantacci Romano – Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione
Fantechi Alessandro – Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione
Freni Angelo – Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione
Frosali Giovanni – Dipartimento di Matematica e Informatica 'Ulisse Dini'
Genesisio Roberto – Professore emerito di 'Controlli Automatici' dell'Università di Firenze
Giannetti Renato – Dipartimento di Scienze per l'Economia e l'Impresa
Giuli Dino – Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione
Grasso Francesco – Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione
Lombardo Vincenza – Archivio Storico dell'Università di Firenze

Lubello Claudio – Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale
Lucci Leonardo – Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione
Manes Gianfranco – Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione
Manetti Stefano – Preside della Facoltà di Ingegneria dell'Università di Firenze
Marsili-Libelli Stefano – Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione
Martelli Francesco – Dipartimento di Ingegneria Industriale
Masetti Maria Luisa – Biblioteca di Scienze Tecnologiche
Morano Salvatore Giacomo – Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale
Mosca Edoardo – Professore emerito di 'Controlli Automatici' dell'Università di Firenze
Nesi Paolo – Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione

Nesti Renzo – Osservatorio Astrofisico di Arcetri
Orlando Maurizio – Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale
Paris Enio – Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale
Pelosi Giuseppe – Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione
Pieraccini Massimiliano – Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione
Pirri Franco – Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione

Salvadori Fioranna – Archivio Storico dell'Università di Firenze

Schneider Andrea – Dipartimento di Ingegneria Industriale

Tesi Alberto – Rettore dell'Università di Firenze

Tofani Gianni – Direttore dell'Istituto di Radioastronomia dell'INAF

Toni Paolo – Dipartimento di Ingegneria Industriale

Villari Gaetano – Professore emerito di 'Applicazioni di Matematica per l'Elettronica' dell'Università di Firenze

Viviani Alessandro – Dipartimento di Statistica, Informatica, Applicazioni 'G. Parenti'

