

Macchine e sistemi per l'energia e l'ambiente a Firenze (e non solo): l'eredità scientifica di Sergio Stecco

Ennio Carnevale

Non troviamo oggi Sergio Stecco nell'elenco dei professori emeriti dell'Università di Firenze soltanto perché ventotto anni fa¹ è scomparso prematuramente al culmine di una brillante carriera accademica mentre raggiungeva in aereo Cincinnati (USA) per accompagnare un suo giovane collaboratore che aveva ottenuto un prestigioso riconoscimento scientifico ad un convegno internazionale del nostro settore. La sua biografia, riportata nella prima edizione del volume *Ingegneri & Ingegneria a Firenze* (Firenze University Press, Firenze, 2013) così si conclude: «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». Da giovane ordinario mi trovai nel 1993, insieme ai colleghi Martelli e Manfrida, a raccogliere l'eredità dell'amico e maestro Sergio Stecco. Per me non è stato facile anche perché agli impegni didattici e scientifici si sono cumulate due mandati triennali come Presidente di Corso di Laurea e poi due mandati triennali come Preside di Facoltà ma sono oggi onorato di avere questa occasione per dare un'idea di cosa è diventata la nostra 'Scuola', che annovera a Firenze 5 professori ordinari, 4 professori associati, 3 ricercatori (RTD B), oltre a numerosi assegnisti e dottorandi il cui numero è compreso da anni fra le 30 e le 40 unità. Mi fa piacere con l'occasione ricordare anche due (allora giovani) nostri allievi Bidini e Desideri che hanno propagato «la scuola di Firenze» a Perugia e a Pisa creando due prestigiosi gruppi di ricerca nel campo delle macchine e dei sistemi energetici. Dal nostro gruppo di ricerca, che ha sempre legato strettamente attività scientifica e didattica, sono nate anche la Laurea Magistrale in Ingegneria Energetica – che ha riscosso grande successo in termini di occupazione e di prospettive di carriera – e la Scuola di Dottorato (prima in Energetica; poi in Ingegneria Industriale con indirizzo Energia). Quest'ultima fin dai primi cicli ha formato ogni an-

¹ La scomparsa del Prof. Stecco è datata 1992.

Ennio Carnevale, ennio.carnevale@gmail.com, 0000-0002-9600-4078

Referee List (DOI 10.36253/fup_referee_list)

FUP Best Practice in Scholarly Publishing (DOI 10.36253/fup_best_practice)

Ennio Carnevale, *Macchine e sistemi per l'energia e l'ambiente a Firenze (e non solo): l'eredità scientifica di Sergio Stecco*, © Author(s), CC BY 4.0, DOI 10.36253/979-12-215-0972-4.27, in Bruno Facchini, Giovanni Ferrara, Rocco Furferi (edited by), *Ingegneria Industriale & Ingegneria dell'Informazione per il territorio fiorentino – 1. Ingegneria Industriale*, pp. 189-193, 2026, published by Firenze University Press, ISBN 979-12-215-0972-4, DOI 10.36253/979-12-215-0972-4

no tra 6 e 10 Dottori di Ricerca nel settore energia/ambiente; tutti si sono distinti con brillanti carriere in Università o Enti di Ricerca, o presso aziende di prestigio dove ricoprono ruoli di rilievo in settori chiave legati alla Ricerca e Innovazione. La nostra eredità scientifica è oggi affidata ai nostri allievi e ora colleghi più giovani, tutti laureati alla nostra scuola di Firenze e ormai tutti professori ordinari di prima fascia, e in questo mio contributo per i 50 anni di Ingegneria a Firenze mi fa piacere parlare proprio della intensa e proficua attività scientifica da loro oggi coordinata.

Attività del Gruppo di ricerca SERG (Sustainable Energy Research Group) (Prof. Manfrida)

Il gruppo di ricerca ha perseguito e sviluppato i filoni di ricerca avviati con la supervisione di Sergio Stecco, mantenendo la rete di collaborazioni internazionali da lui stesso avviata. In questo contesto si ricorda la continuità della serie di convegni internazionali ECOS/FLOWERS, avviati con Sergio Stecco dal 1990 e tenuti con organizzazione a Firenze per 5 edizioni (1990, 1992, 1994, 1997 e 2012), ed ancora in corso dopo quasi 35 anni. Significativa anche la collaborazione con ASME (American Society of Mechanical Engineers) – Advanced Energy Systems Division e la presenza nel comitato editoriale di una delle riviste fondanti del settore sistemi energetici (Energy-Elsevier). Il Gruppo ha dato importanti contributi di ricerca al miglioramento delle prestazioni di impianti di conversione di energia con turbine a gas (cicli combinati, cogenerazione di energia-calore-freddo). Il gruppo ha potenziato gli studi sull'applicazione dell'exergia ai fini del perfezionamento dei sistemi energetici, sviluppando anche l'analisi exergo-economica (ricostruzione della struttura dei costi lungo il processo evidenziando i contributi di impianto e di funzionamento operativo, che sono spesso in naturale opposizione) e quella exergo-ambientale (basata sulla valutazione dei costi ambientali con metodologia LCA).

L'attenzione fin dal 1980 alle energie rinnovabili ha fatto sì che questi metodi di miglioramento siano stati applicati in questo campo, dal solare termodinamico alla geotermia: ormai da 10 anni tutta l'attività del gruppo è dedicata alle energie rinnovabili, proponendo non solo miglioramenti a livello di sistema ma anche componenti originali (piccoli espansori per produzione distribuita di elettricità e calore). Per questi motivi il gruppo mantiene nella denominazione il riferimento alla sostenibilità, fornendo un contributo tecnico e misurabile a questo settore per sua natura interdisciplinare. Il gruppo SERG ha mantenuto il proprio interesse verso la progettazione delle macchine e di altri componenti per sistemi energetici o recupero di calore, combinando la modellazione fisica con quella numerica. Inoltre, ha condotto molte attività sperimentali, lavorando sia su prototipi e banchi prova allestiti in laboratorio o modelli in galleria del vento, che eseguendo prove su macchine ed impianti in collaborazione con soggetti industriali. Importanti ed ormai consolidate sono le collaborazioni con il settore civile/ambientale (modellazione fisica delle emissioni in galleria del vento, modelli e prove su generatori eolici e di idraulica marittima/moto ondoso). Le collaborazioni con le aziende sono state molteplici, sia con la grande industria (GE/Nuovo Pignone/Baker Hughes; National Power; Goulds Pumps; ENEL) che con molte aziende di dimensioni medie o piccole del territorio toscano. Il gruppo ha partecipato a numerosi importanti progetti competitivi di ricerca e attualmente ha in corso progetti H2020 relativi ad impianti innovativi per la Geotermia sostenibile.

Attività del gruppo di ricerca TGroup (TRAF Group) (Prof. Andrea Arnone)

Il gruppo coltiva un filone di ricerca avviato nel 1985 sotto la guida di Sergio Stecco nel Dipartimento di Energetica per la progettazione aerodinamica avanzata di

turbomacchine. Le tematiche di ricerca erano focalizzate all'impiego dei più recenti strumenti di ricerca ed in particolare della fluidodinamica computazionale (CFD). In questo contesto, il dottorato di Andrea Arnone, svolto in collaborazione con l'Institute for Computer Applications in Science and Engineering (ICASE), NASA Langley, Virginia (USA) ha condotto allo sviluppo del solutore RANS/URANS TRAF, specificamente pensato per la progettazione aerodinamica di componenti di turbomacchine. A partire dagli anni '90 gli strumenti numerici sviluppati dal gruppo di ricerca sono stati adottati da aziende leader del settore sul territorio nazionale e da importanti centri di ricerca in Europa e nel mondo (NASA Glenn, von Kármán Institute, GE Avio Aero, Baker Hughes, Ansaldo Energia, Avio, Termomeccanica Pompe). L'esperienza del gruppo, consolidata nell'ambito della fluidodinamica computazionale (CFD) con particolare attenzione alle applicazioni industriali al fine di assistere l'innovazione, si è successivamente sviluppata nel corso del primo decennio del 2000 nell'ambito della aeroelasticità computazionale per lo studio del flutter e della risposta forzata nelle turbomacchine e nel settore dell'aeroacustica numerica per la previsione della generazione e della propagazione del rumore nei motori aeronautici. La disponibilità di potenza di calcolo a costi competitivi e di efficienti ed accurati solutori numerici ha consentito lo sviluppo di un ambiente di progettazione multidisciplinare che si avvantaggia di tecniche di ottimizzazione basate su intelligenza artificiale, meta-modelli e metodi evolutivi. Tali metodi guidano il progettista all'identificazione delle soluzioni ottimali all'interno di iperspazi di design di grandi dimensioni, offrendo capacità esplorative che vanno oltre l'intuizione umana, e rispondendo a vincoli e requisiti spesso contrastanti. La partecipazione a numerosi progetti finanziati dalla Comunità Europea nel settore dell'energia e della propulsione aeronautica ha consolidato la collaborazione con Fiat Avio (successivamente GE Avio Aero), Nuovo Pignone (successivamente GE Oil & Gas e Baker Hughes) ed Ansaldo Energia, consentendo al gruppo di confrontarsi con università, centri di ricerca e le principali industrie europee. Particolarmente significativi sono risultati i progetti del settore del trasporto aereo che hanno visto il conseguimento di importanti traguardi nell'ambito della riduzione del consumo specifico di combustibile e del contenimento delle emissioni acustiche dei motori aeronautici nell'ottica degli obiettivi di Horizon 2020 e Flightpath 2050. L'attività di divulgazione della ricerca ha portato alla presentazione ed alla pubblicazione dei risultati a conferenze internazionali di riferimento e su numerose riviste con revisione tra pari. L'attività di trasferimento tecnologico e di formazione di figure professionali in possesso di avanzata capacità di ricerca ha contribuito negli anni a rispondere alla richiesta ed alle esigenze delle industrie nazionali che operano nell'ambito delle turbomacchine, dell'energia e della propulsione. Numerosi ingegneri e dottori di ricerca che si sono formati all'interno del gruppo ricoprono attualmente ruoli di rilievo in aziende leader del settore, in Italia ed all'estero, alcuni sono docenti universitari.

Attività del gruppo di ricerca HTC (Heat Transfer e Combustion) (Prof. Bruno Facchini)

Il gruppo di ricerca inizia le sue attività nei primi anni '90 sotto la spinta del dottorato di ricerca di Bruno Facchini indirizzato con lungimiranza dal compianto Prof. Stecco alle problematiche di raffreddamento nelle turbine a gas sempre più importanti nello scenario industriale e nazionale negli ultimi 30 anni. L'attività si sviluppa negli anni '90 in collaborazione con Fiat Avio (poi AvioAero) e successivamente con Nuovo Pignone e Ansaldo Energia. Nei primi anni viene curato l'approfondimento della conoscenza, totalmente estranea alle aziende italiane del settore, fino a giungere alla definizione di un sistema integrato di progettazione per le parti calde di turbina e combustore, adot-

tato da tutti partner, che ha portato l'industria italiana a una completa indipendenza in uno dei settori tecnologicamente più strategici del settore. A partire dai primi anni 2000 si consolida sempre più anche l'attività nel settore dei combustori principalmente con Nuovo Pignone ed AvioAero, ma il passaggio più importante è la partecipazione ad un sempre maggior numero di progetti europei nell'ambito dello sviluppo di motori aeronautici civili più efficienti, sicuri e rispettosi dell'ambiente. Il gruppo acquisisce così una dimensione internazionale confrontandosi con i principali costruttori e centri di ricerca europei, senza dimenticare importanti interazioni a livello internazionale.

Dal 2000 ad oggi si contano oltre 25 progetti europei come partner o coordinatori! Allo sviluppo delle conoscenze, dei sistemi di progettazione e all'analisi numerica sempre più avanzata ha fatto seguito fin dai primi anni 2000 un progressivo potenziamento delle capacità di sperimentare modelli e componenti, nata nei piccoli laboratori di S.Marta e poi sviluppatasi nel sito di Calenzano con lo sviluppo del THT-LAB, Laboratory of Technologies for High Temperature, che nasce nel 2013 per poter garantire un contributo sempre più significativo nei progetti europei e nel trasferimento tecnologico. Il laboratorio, specializzato nell'analisi di fenomeni di scambio termico e combustione applicati al settore delle macchine industriali e più in generale al settore energetico, è stato avviato e sostenuto con i mezzi propri del gruppo di ricerca ed ha portato poi all'acquisizione da parte di Unifi della nuova sede, dedicata ai laboratori pesanti per tutto il DIEF. Presso il THT lab è possibile sperimentare componenti e sezioni di macchine fino a condizioni di temperature e pressione reali (2000 °C e 10 bar). Il THT lab come tutto il gruppo HTC è oggi punto di riferimento per progetti di ricerca e sviluppo e ottimizzazione di prodotti industriali a livello italiano e internazionale. Ha contribuito a far crescere un consistente gruppo di dottori di ricerca che occupano posizioni di rilievo in ambito accademico nazionale e internazionale e che hanno contribuito in maniera determinante a far crescere le potenzialità di ricerca e sviluppo delle industrie del settore.

Attività del gruppo di ricerca REASE (Reciprocating Engines and Advanced Systems for Energy) (Prof. Giovanni Ferrara)

Il gruppo di ricerca REASE viene costituito nel 2005 su mio impulso e supervisione e sotto il coordinamento scientifico e operativo del Prof. Giovanni Ferrara, per aprire un nuovo campo di ricerca teorico sperimentale sui motori a combustione interna e sulle turbomacchine operatrici (tematiche all'epoca non coltivate a Firenze). Nella prima fase dell'attività scientifica, il gruppo prosegue la storica collaborazione con Nuovo Pignone sulle analisi sperimentali di stadi di compressore centrifugo, e sviluppa una ampia collaborazione con diversi soggetti industriali del territorio toscano. Il supporto alle aziende tramite attività di ricerca applicata e trasferimento tecnologico è infatti stato da sempre una delle linee guida del gruppo. I temi trattati sono quelli della cogenerazione, dell'efficientamento energetico e delle energie rinnovabili. In questo contesto di attività, il gruppo fonda nel 2007, grazie ad un importante finanziamento del MISE, il laboratorio sperimentale LINEA (Laboratorio dell'Innovazione per l'Energia e l'Ambiente). Parallelamente a queste attività, il Prof. Ferrara inizia a dare vita al settore scientifico e didattico dei motori a combustione interna. Tale settore, nonostante la tradizione motoristica soprattutto in ambito motociclistico della Toscana, non era fino a quel momento presente nell'ateneo fiorentino. Grazie ad una forte passione personale e ad uno spiccato dinamismo nei rapporti con le realtà industriali, il Prof. Ferrara ha dato vita ad una vera e propria scuola motoristica a Firenze, che oggi vanta collaborazioni scientifiche con aziende di primo piano del settore, fra cui Ferra-

ri, Ducati, Piaggio, Peugeot, Beta Motor, HPE, Pramac. Questa esperienza è stata altresì determinante per la decisione da parte della multinazionale giapponese Yanmar di aprire il proprio Centro di Ricerca europeo proprio a Firenze, così da proseguire e consolidare il rapporto di collaborazione con il gruppo di ricerca REASE. Oltre a numerose ricerche su temi di frontiera, tale rapporto si è estrinsecato anche nella recente realizzazione all'interno del laboratorio LINEA di una installazione sperimentale congiunta di un innovativo gassificatore per biomasse.

A partire dagli albori, quando era situato a Prato presso il PIN, il laboratorio LINEA si è continuamente sviluppato fino a diventare oggi una struttura di eccellenza dell'ateneo fiorentino, all'interno del complesso di Calenzano. Esso ospita due diverse celle motori, con freni dinamici e statici per le collaborazioni con l'industria e per la ricerca applicata, un banco ad alte prestazioni per l'analisi sperimentale avanzata di compressori centrifughi in collaborazione con Baker Hughes, nonché diverse installazioni sperimentali dedicate ai vari progetti di ricerca, come apparati per l'abbattimento acustico attivo, per il flussaggio di componenti di compressori alternativi, o per lo sviluppo di sistemi di pompaggio per fluidi criogenici. Muovendo dal background scientifico maturato nel campo delle turbomacchine, dal 2008 il gruppo ha infine dato vita anche ad un altro filone di ricerca e didattica fino a quel momento assente nell'ateneo fiorentino, ossia lo studio aerodinamico delle turbine eoliche. Partendo da collaborazioni industriali su macchine di piccola taglia, il gruppo di lavoro è progressivamente cresciuto, fino a contare oggi diversi ricercatori sul tema e rappresentare un riferimento a livello nazionale ed internazionale, tanto da aver garantito – tramite la propria ricerca – l'ingresso dell'Università di Firenze nella European Academy of Wind Energy.

La forte propensione alla ricerca applicata e al trasferimento tecnologico ha permesso al gruppo di ricerca REASE di consolidarsi grazie alla partecipazione a numerosi progetti vinti su bandi competitivi a livello regionale, nazionale ed europeo e grazie alla forte integrazione col mondo industriale: la maggior parte dei dottorandi e assegnisti che si formano nel gruppo di ricerca proseguono poi il loro percorso presso le aziende partner rafforzando la rete di collaborazione. Il successo e il prestigio in ambito nazionale e internazionale dei quattro gruppi di ricerca si misura anche con le cospicue risorse aggiuntive portate al finanziamento della ricerca del nostro Ateneo. Risorse finanziarie derivanti dalla partecipazione a progetti CEE, finanziamenti MIUR e Regione Toscana e convenzioni di ricerca con soggetti industriali con un budget totale medio nell'ultimo quinquennio dell'ordine di 2,5 M€/anno. Con un pizzico di presunzione mi sento di affermare che noi ricercatori dell'area macchine e sistemi energetici abbiamo con continuità abbondantemente restituito all'Ateneo la quota di stipendio imputabile ai nostri obblighi istituzionali di ricerca. Descrivendo questa storia di successo scientifico ricordo le difficoltà degli inizi e quante battaglie abbiamo dovuto affrontare in Ateneo, Sergio Stecco ed io. Oggi tutti sono consci dell'importanza delle tematiche energetico-ambientali ma oltre 40 anni fa, quando parlavamo di Energia fino a fondare l'Istituto di Energetica, primo in Italia con questo nome, venivamo considerati dei visionari e fortemente ostacolati. Oggi tutti danno per scontato che una missione importante dell'Università è anche il trasferimento tecnologico, ma quando noi portavamo in Facoltà convenzioni di ricerca con il mondo industriale non erano pochi i colleghi che, con atteggiamento post-sessantottino, ci tacciavano di 'vendere' la ricerca universitaria. Sono sicuro che i nostri brillanti allievi/colleghi sopra citati sapranno tenere alto il prestigio della nostra scuola e mi auguro che possano cogliere tutte le soddisfazioni che questo impegnativo ma affascinante lavoro può loro dare.