

# Contributo della Sezione di Meccanica Applicata alle Macchine per una storia del Dipartimento di Ingegneria Industriale dell'Università di Firenze

*Benedetto Allotta*

Nel solco della tradizione

Presso l'Università di Firenze, così come (almeno fino a un certo punto) presso l'Università di Pisa, i Meccanici Applicati sono stati determinati, e oserei dire testardi, nel non voler cedere ai colleghi Automatici il monopolio totale dei controlli automatici o dei «servomeccanismi», come una volta si usava chiamarli. Esempio è il libro del Prof. Giovan Gualberto Lisini intitolato, appunto, *Servomeccanismi*, su cui ho studiato sui banchi dell'Università di Pisa e che continuo a conservare gelosamente nel mio ufficio.

Si tratta di un libro molto completo (rispetto all'epoca in cui è stato scritto), che spazia dal controllo classico dei sistemi lineari e stazionari (oggi, purtroppo, anche in Italia si usa ormai quasi esclusivamente l'acronimo di derivazione anglosassone LTI che significa Lineari e Tempo Invarianti) alla trattazione dei sistemi nello spazio di stato, passando per i concetti di stabilità, osservabilità e controllabilità, senza trascurare i metodi di Lyapunov, i sistemi in retroazione con e senza non linearità, il progetto del regolatore, la compensazione dei sistemi e i componenti elettromeccanici, pneumatici e oleodinamici (oggi si direbbe «meccatronica»). Quando studiavo a Pisa pensavo che il Prof. Lisini, così come, d'altro canto, il Prof. Funaioli, autore del testo di Meccanica Applicata alle Macchine su cui ho studiato, fossero luminari dalla consistenza eterea, forse ormai assunti in cielo come angeli. E invece erano persone in carne e ossa con cui ebbi in futuro occasione di interagire direttamente. Addirittura, il Prof. Lisini diventò per me, qualche anno dopo, «il collega della porta accanto» presso l'allora Dipartimento di Energetica Sergio Stecco.

Devo molto a Firenze e, in particolare, al Prof. Paolo Toni che mi diede l'opportunità di uscire da un *cul de sac* della tipologia in cui, a volte, si trovano i giovani accademici italiani se litigano col proprio «docente di riferimento».

Benedetto Allotta, University of Florence, Italy, benedetto.allotta@unifi.it, 0000-0001-8511-1110

Referee List (DOI 10.36253/fup\_referee\_list)

FUP Best Practice in Scholarly Publishing (DOI 10.36253/fup\_best\_practice)

Benedetto Allotta, *Contributo della Sezione di Meccanica Applicata alle Macchine per una storia del Dipartimento di Ingegneria Industriale dell'Università di Firenze*, © Author(s), CC BY 4.0, DOI 10.36253/979-12-215-0972-4.12, in Bruno Facchini, Giovanni Ferrara, Rocco Furferi (edited by), *Ingegneria Industriale & Ingegneria dell'Informazione per il territorio fiorentino – 1. Ingegneria Industriale*, pp. 63-76, 2026, published by Firenze University Press, ISBN 979-12-215-0972-4, DOI 10.36253/979-12-215-0972-4

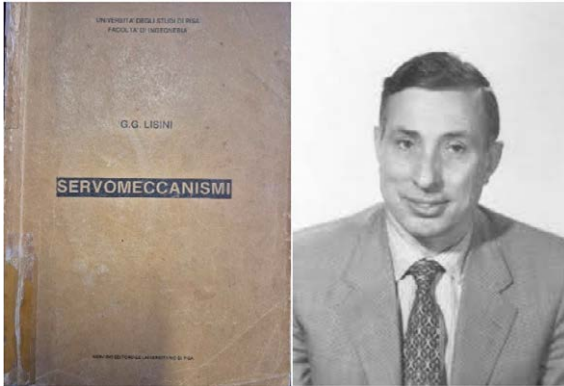


Figura 19 – A sinistra, Copertina del libro *Servomeccanismi*, scritto dal Prof. Giovan Gualberto Lisini all’inizio degli anni ’70; a destra, il Prof. Giovan Gualberto Lisini, scomparso nel 2022.



Figura 20 – Il Prof. Paolo Toni, scomparso nel 2024.

Era il 1998, non avevo passato il «concorso» nazionale per posti di professore associato bandito nel 1995: ero stato ritenuto non idoneo sia dalla commissione di Meccanica Applicata che da quella di Automatica. In sostanza entrambe le commissioni riconoscevano in qualche modo il mio valore ma concludevano il giudizio affermando che ero bravo, ma dovevo vincere «di là». Per i Meccanici Applicati ero troppo «elettronico», mentre per gli Automatici ero troppo «meccanico», cioè con le mani sporche di grasso («morchia»). L’ateneo presso il quale ero ricercatore, cioè la Scuola Superiore Sant’Anna di Pisa, visti gli esiti del «concorso», si rese disponibile a bandire un concorso da associato a cui potessi partecipare (esisteva allora la doppia idoneità) e mi venne chiesto in quale settore preferivo che fosse bandito. Riconosco, e non me ne vergogno, che espressi una preferenza per l’Automatica. E così andai a parlare con il Prof. Aldo Balestrino, padre nobile degli automatici pisani, per chiedergli la disponibilità a fare da membro interno in un concorso nel settore dell’Automatica da bandire alla SSSA. Aldo Balestrino accettò di buon grado, anche perché il «concorso» nazionale aveva fatto alcune vittime inattese, tra cui un suo allievo, e la seconda idoneità disponibile sarebbe stata una opportunità per riparare alla inattesa trombatura dell’allievo. Però Aldo Balestrino, fine didatta e ricercatore, ma decisamente uomo di mondo, mi disse in tutta franchezza «Benedetto, io ti conosco e apprezzo quel che hai fatto finora nella robotica. Però, se devo darti un consiglio nella prospettiva di una carriera più veloce verso l’ordinariato, ti invito a rimanere nel settore della Meccanica Applicata in cui livello dei ricercatori giudico inferiore rispetto al settore dell’Automatica in cui abbondano i giovani leoni pronti a scannarsi. Ho un amico a Firenze, il Prof. Paolo Toni, che è abbastanza solo. Paolo ha un paio di bravi dottorandi (Mirko Rinchi e Andrea Rindi, *N.d.A.*) ma gli manca il livello

intermedio e gli farebbe molto comodo l’aiuto di un giovane ricercatore come te per rilanciare le attività di ricerca e di didattica del gruppo. Se vuoi te lo presento». Fu così che venni introdotto a Paolo Toni, nella biblioteca dell’allora Dipartimento di Sistemi Elettrici e Automazione dell’Università di Pisa. Paolo mi disse letteralmente «ci si fidanza e, se poi ci si garba, ci si sposa,» e così andò a finire dopo qualche anno, anche grazie a una legge *anti inbreeding* che assegnava 100 milioni di lire di FFO sine die agli atenei che reclutavano un professore che proveniva da un altro Ateneo.

La nascita del Laboratorio di Modellazione Dinamica e Meccatronica (MDM Lab)

Uno dei contributi più importanti di Paolo Toni alla crescita del gruppo è stato il suo impegno verso il territorio e il tessuto imprenditoriale di Pistoia. In un’epoca in

cui le università cercavano di decentralizzarsi, istituendo corsi di laurea nei comuni vicini, Paolo Toni promosse a Pistoia la creazione, a metà degli anni Duemila, di un Corso di Laurea triennale in Ingegneria dei Trasporti, pensato per i fabbisogni del polo ferroviario pistoiese, comprendente l'allora Ansaldo Breda, ora Hitachi Rail Italy, e l'indotto di aziende più o meno piccole. Intessendo rapporti di reciproca fiducia con la Provincia di Pistoia, le associazioni imprenditoriali e l'Ansaldo Breda stessa, fu possibile anche ottenere dalla Regione Toscana un cospicuo finanziamento per l'avvio del Laboratorio di Modellazione Dinamica e Meccatronica (MDM Lab), che fu inaugurato nel 2008 ed è tutt'ora molto attivo, sopravvivendo al Corso di Laurea in Ingegneria dei Trasporti che, come è successo anche a Prato e a Empoli, si è fisiologicamente spento perché gli studenti, a meno che non abbiano gli uffici dei docenti nello stesso luogo in cui seguono le lezioni (vedi sede di Vicenza dell'Università di Padova, dove ci sono dei veri e propri dipartimenti), preferiscono frequentare nella sede centrale dell'Ateneo, anche a costo di sobbarcarsi un oneroso pendolarismo o le spese di vivere fuori sede.

La nascita di ITALCERTIFER S.p.A.

Non è da dimenticare il contributo che Paolo Toni ha dato alla nascita ed all'avvio della società di certificazione del gruppo FS denominata ITALCERTIFER S.p.A.<sup>1</sup>, che, oltre alla controllante Ferrovie dello Stato, vede nel proprio capitale sociale la Regione Toscana, il Politecnico di Milano, l'Università di Pisa, l'Università di Napoli Federico II e l'Università di Firenze. In circa due decenni di vita, ITALCERTIFER è cresciuta in modo veramente notevole ed è attiva non solo in Italia ma soprattutto all'estero.

La nascita di DITECFER S.C.A.R.L.

Un'ultima citazione merita l'entusiasmo con cui Paolo ha sostenuto la nascita del Distretto per le Tecnologie Ferroviarie, l'Alta Velocità e la Sicurezza delle Reti, in breve DITECFER, che è una S.r.l. a finalità consortile (S.c.a.r.l.) che raggruppa ad oggi oltre cinquanta imprese e organismi di ricerca tra i più dinamici e collaborativi d'Italia<sup>2</sup>, tra cui il nostro Ateneo, per il tramite della Fondazione Ricerca.

Attività nel settore ferroviario

Nel 1998 mi fu assegnato un incarico di insegnamento di Meccanica dei Robot e fu così che cominciai a frequentare l'Università di Firenze e a interagire con Paolo Toni, con il Prof. Lisini, e con Mirko Rinchi e Andrea Rindi. Allora il gruppo fiorentino aveva buoni rapporti con le Ferrovie dello Stato e uno dei cavalli di battaglia era la modellazione del sistema pantografo – catenaria e il controllo attivo della forza di contatto. Cominciai a seguire qualche laureando, tra cui uno che è adesso un collega della sezione, ovvero il Prof. Luca Pugi che svolse una tesi sperimentale sul controllo attivo di un pantografo ferroviario.

<sup>1</sup> <https://www.italcertifer.com/it.html>

<sup>2</sup> <https://www.ditecfer.eu/>



Figura 21 – 1998: l'allora studente di Ingegneria Meccanica Luca Pugi durante una sperimentazione su pantografo con controllo attivo della forza di contatto.

Nel 2000 ebbi finalmente l'idoneità<sup>3</sup> da associato e dal 2001 entrai in servizio presso il Dipartimento di Energetica. Nel frattempo, cominciavano ad affacciarsi nuove tematiche di ricerca proposte da Trenitalia e nuove persone, tra cui Monica Malvezzi, adesso Professoressa all'Università di Siena. Un periodo di diversi anni vide la Sezione di Meccanica Applicata impegnata in progetti di ricerca sullo sviluppo di algoritmi di odometrici per la stima di posizione e velocità dei treni (Allotta et al. 2012a). Uno dei maggiori contributi del gruppo fiorentino al progresso tecnologico nel settore ferroviario e all'aumento della sicurezza ferroviaria in Italia è stato lo sviluppo dell'algoritmo odometrico SCMT (Sistema di Controllo Marcia Treno) <https://www.rfi.it/it/Sicurezza-e-tecnologie/tecnologie/ccs/Controllo-Marcia-Treno/Sistema-Controllo-Marcia-Treno--SCMT.html> che, al 31 dicembre 2022, era attivo su 13.324 chilometri della rete ferroviaria italiana.

Un'altra importante realizzazione del gruppo è stata la progettazione del banco prova denominato MI6 e destinato alla sperimentazione di sistemi odometrici e sistemi antipattinanti ferroviari (WSP – Wheel Slide Protection) (Pugi et al. 2006). Il banco prova MI6 ha rappresentato una importante opportunità per la crescita del gruppo sulla tematica della simulazione Hardware e Software In the Loop (HIL – SIL). Un modello di marcia del convoglio ferroviario o del singolo rotabile viene simulato in real time al fine di fornire input e ricevere output dal componente in prova, che può essere un banco antipattinanti completo di simulacri di freno oppure un sistema odometrico.

<sup>3</sup> Curioso il fatto che nel 1998 fui giudicato non idoneo al concorso e invece, dopo essere stato accolto sotto le ali protettrici di Paolo Toni e del Prof. Lisini, la mia carriera subì una repentina accelerazione con la presa di servizio come associato nel 2001 e come ordinario nel 2005...

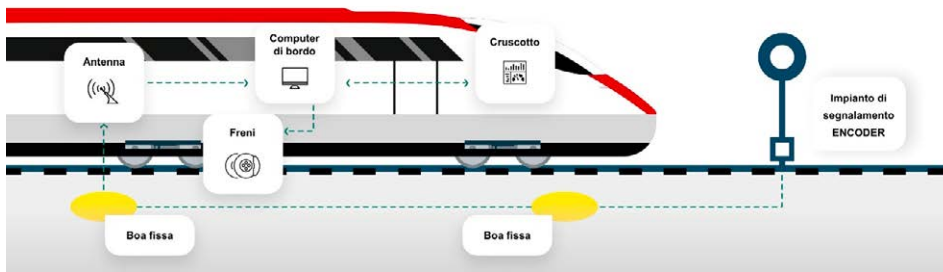


Figura 22 – Schema del sistema SCMT.



Figura 23 – A sinistra, 2001: foto di gruppo di alcuni componenti della Sezione di Meccanica Applicata. Da sinistra in alto: Paolo Toni, Monica Malvezzi, Benedetto Allotta. Accosciati da sinistra: Andrea Rindi, Luca Pugi, Mirko Rinchi; a destra, 2010: pranzo offerto dal neodottore di ricerca Enrico Meli.



Figura 24 – Banco prova MI6; a sinistra, cruscotto di controllo; a destra, cilindri freno.

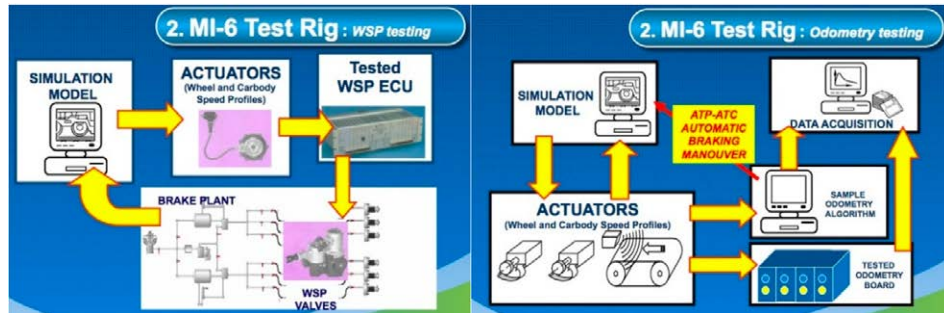


Figura 25 – Schema a blocchi del banco prova MI6: a sinistra, configurato per la prova di un sistema antipattinante ferroviario; a destra, configurato per la prova di un sistema odometrico.

All'inizio degli anni Dieci del Duemila, le competenze già acquisite dal gruppo sui modelli monodimensionali di aderenza ruota – rotaia ai fini dello sviluppo di logiche antipattinanti e di sistemi odometrici cominciarono ad evolversi verso lo sviluppo di modelli simulazione dell'interazione ruota rotaia full 3D, non solo per la determinazione dell'aderenza ma anche per una simulazione di marcia più realistica e per il calcolo dell'usura (Magheri et al. 2011).

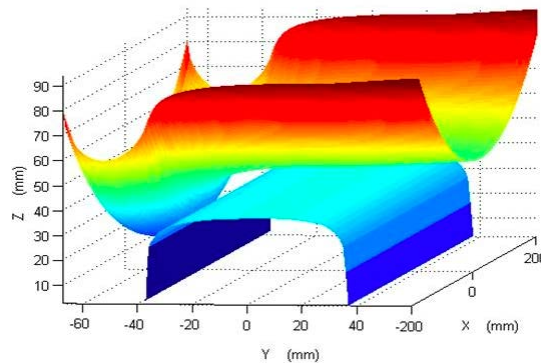


Figura 26 – Studio del contatto ruota rotaia per lo sviluppo di modelli di simulazione real time.

Altre interessanti occasioni di crescita delle competenze del gruppo furono offerte dall'ideazione del nuovo Centro di Dinamica Sperimentale dell'Osmannoro, la cui planimetria è mostrata in Figura XX, che impegnò diversi ricercatori nella scrittura delle specifiche di molti banchi prova poi realizzati e adesso in attività.

In parallelo alle attività di studio e redazione delle specifiche del Centro di Dinamica Sperimentale dell'Osmannoro, il gruppo svolse un'attività di sviluppo, per conto di Trenitalia, e in collaborazione con l'azienda Scienza Machinale (la prima Spin Off company della Scuola Superiore Sant'Anna di cui fui socio fondatore all'inizio degli anni '90), del pantografo per treni ad alta velocità con controllo attivo della forza di contatto denominato TI2006 (Allotta et al. 2008).

Sempre all'inizio degli anni Duemila, l'autorevolezza acquisita dal gruppo nello sviluppo di algoritmi odometrici, non solo con tecniche «crisp» ma anche con l'utilizzo di metodi di soft computing (oggi si direbbe di «Intelligenza Artificiale») viene premiata con commesse industriali finalizzate a migliorare le prestazioni del sistema odometrico SCMT, prima da parte dell'Ansaldo STS, sede di Genova, con un progett-

to sullo sviluppo dell'algoritmo «ERTMS» (Malvezzi et al. 2008), basato su odometria e misure di accelerazione longitudinale e poi dall'ECM di Pistoia, con il progetto COINS (Cooperative Odometry – Inertial Navigation System), in cui misure odometriche e inerziali venivano fuse al fine di migliorare le prestazioni di localizzazione e stima di velocità del convoglio (Allotta et al. 2012b).

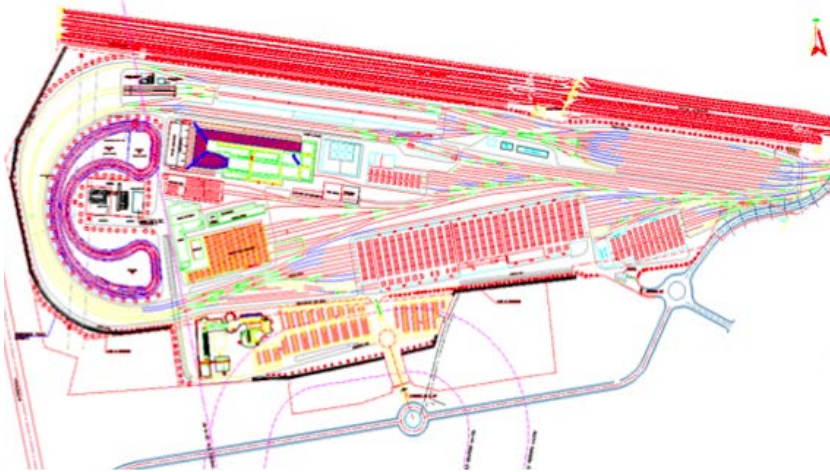


Figura 27 – Planimetria del Centro di Dinamica Sperimentale dell'Osmannoro.

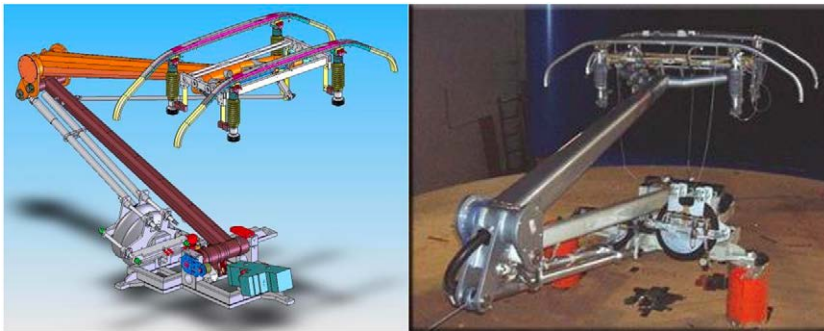


Figura 28 – Il pantografo con controllo attivo della forza di contatto TI2006 realizzato per conto di Trenitalia: a sinistra, rendering; a destra, il pantografo in prova nella galleria del vento del Politecnico di Milano.

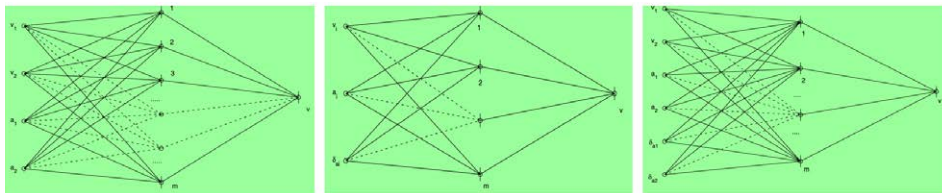


Figura 29 – Uso di reti neurali per la stima odometrica: a sinistra, con due misure tachimetriche disponibili (4 input); in centro, con una sola misura tachimetrica disponibile; a destra, con due misure tachimetriche disponibili (6 input).

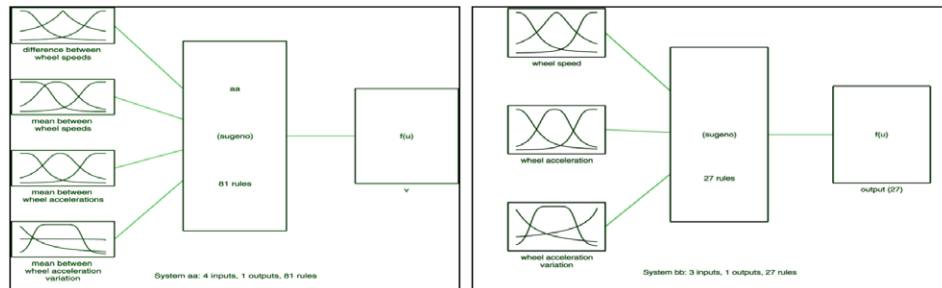


Figura 30 – Uso di sistemi di inferenza Fuzzy per la stima odometrica: a sinistra, con due misure tachimetriche disponibili; a destra, con una sola misura tachimetrica disponibile.

Dall'Ingegneria Ferroviaria alla Robotica Subacquea il salto è breve...

In tutti gli anni della mia «militanza ferroviaria» cioè, grossomodo, dal 1998 al 2008, non ho mai accantonato l'idea di fondare a Firenze un gruppo di ricerca nel settore della robotica e quindi, quando possibile, ho continuato a coltivare i miei interessi di robotico, con attività di ricerca nel settore del controllo eterocettivo di robot industriali (Fioravanti, Allotta, Rindi 2008), cercando, quando possibile, di «travarsare» nella ricerca ferroviaria le mie conoscenze nel settore della robotica e della meccatronica. L'occasione di tornare a svolgere attività nel settore della robotica si è presentata in modo fortuito, durante una chat serale con il mio amico di vecchia data Michele Cocco<sup>4</sup> che, dopo un dottorato in fisica e varie esperienze imprenditoriali, si era messo a lavorare nel settore della robotica subacquea. Io gli raccontai che il mio gruppo aveva cominciato a «giocare» con la navigazione inerziale applicata ai treni e nacque così l'idea di sottomettere alla Regione Toscana un progetto di ricerca finalizzato allo sviluppo di uno sciame di veicoli subacquei autonomi (AUV – Autonomous Underwater Vehicle) destinati all'archeologia subacquea (Allotta et al. 2012c; 2015).

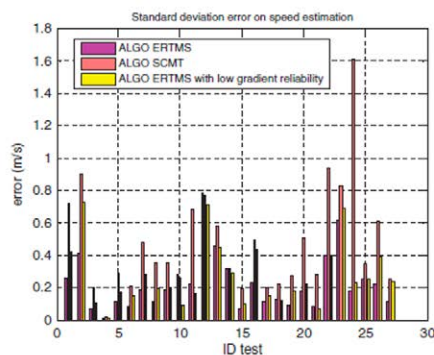


Figura 31 – A sinistra, confronto delle prestazioni di tre algoritmi odometrici per veicoli e convogli ferroviari; a destra, Due robot subacquei autonomi (AUV) della classe «Tifone», sviluppati nel corso del progetto THESAURUS, fotografati a bordo della nave di ricerca oceanografica *Alliance* della NATO durante l'esperimento COMMSNET '13, dedicato alla localizzazione e alla comunicazione acustica subacquea.

<sup>4</sup> <https://www.linkedin.com/in/michele-cocco-17940211/?originalSubdomain=it>



Figura 32 – A sinistra, settembre 2012, kick-off meeting del progetto ARROWS; a destra, giugno 2015, una delle due demo finali di progetto alle isole Egadi. <https://www.youtube.com/watch?v=F7rg8Z4ipH4&t=901s>.

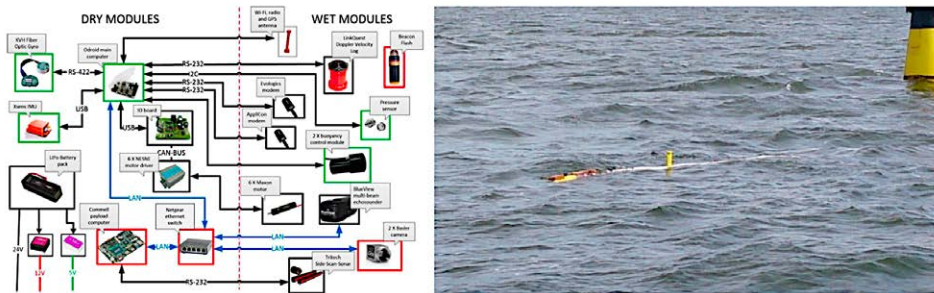


Figura 33 – Il veicolo subacqueo autonomo modulare MARTA sviluppato da Unifi nel corso di ARROWS: a sinistra, schema a blocchi; a destra, nel mar Baltico durante la seconda demo finale (luglio 2015).

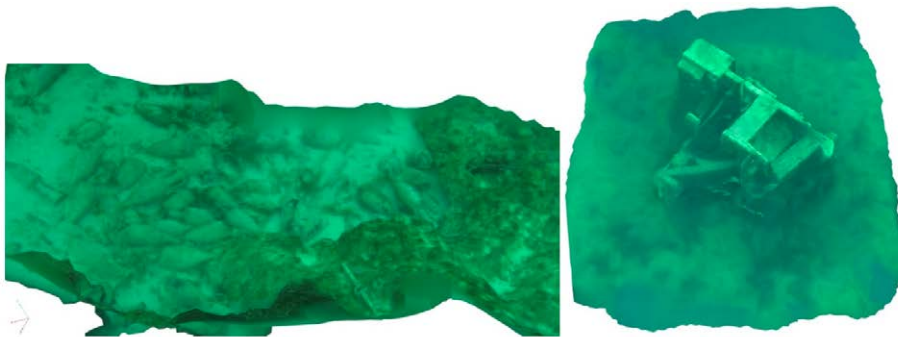


Figura 34 – Ricostruzioni 3D a partire da immagini ottiche realizzate durante le demo finali del progetto ARROWS in collaborazione con il Prof. David Scaradozzi<sup>5</sup>: a sinistra, relitto di cala Minnola, Levanzo (TP); a destra, macchinari nella Rummu quarry, Estonia (cava adesso allagata, utilizzata come prigione in epoca sovietica).

<sup>5</sup> <https://www.linkedin.com/in/david-scaradozzi-761a9823/>

Durante il progetto THESAURUS (2011-13), in appena 30 mesi il gruppo di ricerca, anche con l'aiuto di colleghi dell'Università di Pisa, progettò e realizzò interamente (meccanica, elettronica, controllo, interfaccia uomo – macchina) e «from scratch» tre veicoli subacquei scherzosamente denominati «Typhoon 1», «Typhoon 2» «Typhoon 3»<sup>678</sup> meccanicamente uguali ma equipaggiati in modo diverso al fine di ottimizzare i costi e realizzare delle sinergie nell'esecuzione di missioni archeologiche.

Il progetto THESAURUS fu un successo per l'enorme quantità di conoscenze e competenze acquisite dal gruppo di ricerca, per l'impulso che diede a ulteriori progetti di ricerca nazionali, europei e internazionali e per il contributo che l'esperienza THESAURUS ha dato alle carriere che alcuni dei giovani impegnati nel progetto hanno costruito nel settore dell'istruzione (Jonathan Gelli, Fabio Bartolini), in quello accademico (Riccardo Costanzi, Alessandro Ridolfi), della ricerca (Francesco Fanelli), nelle aziende private (Gregorio vettori, Niccolò Monni) e nell'imprenditoria (Marco Natalini).

Un primo follow-up del progetto THESAURUS è stato il progetto europeo del VII programma quadro denominato ARROWS (ARchaeological ROBot systems for the World's Seas, 2012-15), da me coordinato, che vedeva 10 partner da 4 paesi europei più la Turchia impegnati nello sviluppo di tecnologie robotiche per l'archeologia subacquea.

Nell'ambito di ARROWS il nostro gruppo sviluppò il veicolo subacqueo autonomo fisicamente ed elettricamente modulare MARTA (acronimo di Marine Robotic Tool for Archaeology). E fece un passo avanti nelle competenze sulla progettazione e realizzazione di veicoli autonomi subacquei (Figura 33).

#### Promozione delle STEM

Tra il 2014 e il 2017 fui impegnato nel coordinamento del progetto europeo Erasmus+ 2014-1-IT02-KA200-003660 ROSE (Robotics Opportunities to foster STEM Education), scritto con il fondamentale apporto della Dott.ssa Elisa Guberti<sup>9</sup>, responsabile dell'allora Ufficio Relazioni internazionali della Facoltà di Ingegneria che coinvolse 13 partner da 4 paesi europei più la Turchia<sup>10</sup>. Gli obiettivi principali di ROSE erano:

- aumentare l'attrattiva delle discipline STEM, in particolare tra le studentesse;
- promuovere una rappresentanza equilibrata della società tra gli studenti che scelgono un corso di studi orientato alla tecnologia/scienza;
- a lungo termine: garantire al mercato del lavoro un numero più adeguato di scienziati, ingegneri e tecnologi, in particolare di sesso femminile.

Come strumento principale ROSE puntava sull'attrattività della robotica e delle competizioni studentesche legate alla robotica per invogliare più persone, in particolare ragazze, allo studio delle discipline STEM. Per la Toscana un risultato di un certo rilievo fu l'avvio di attività di robotica educativa in scuole che non ne avevano mai svolte, sfruttando le esperienze di scuole già 'navigate'. Un risultato di tipo più generale fu quello dell'elaborazione, insieme all'Ufficio Scolastico Regionale, di un curriculum verticale di robotica per l'istruzione primaria e secondaria.

<sup>6</sup> [https://en.wikipedia.org/wiki/The\\_Hunt\\_for\\_Red\\_October](https://en.wikipedia.org/wiki/The_Hunt_for_Red_October)

<sup>7</sup> [https://en.wikipedia.org/wiki/Typhoon-class\\_submarine](https://en.wikipedia.org/wiki/Typhoon-class_submarine)

<sup>8</sup> <https://www.youtube.com/watch?v=fwSvxEFDYzU&t=43s&pp=ygUPdHlwaG9vbiBsZXZhbnpv>

<sup>9</sup> [https://www.linkedin.com/in/elisa-guberti-b868132a/?locale=en\\_US](https://www.linkedin.com/in/elisa-guberti-b868132a/?locale=en_US)

<sup>10</sup> [https://www.youtube.com/watch?v=zk4\\_yCvgjAs](https://www.youtube.com/watch?v=zk4_yCvgjAs)



Figura 35 – Uno dei tanti diplomi ottenuti dall’Unifi Robotic Team nelle competizioni internazionali di Robotica Marina.

#### Competizioni studentesche e MDM Lab Robotics

Dal 2012 in poi, con poche interruzioni, la Sezione di Meccanica Applicata ha promosso la partecipazione di un team Unifi alle competizioni internazionali di Robotica Marina organizzate dalla NATO – STO CMRE (Centro di ricerca della NATO con sede alla Spezia). Il team Unifi ha pian piano scalato le classifiche di queste competizioni che, a partire dal «Rookie of the year award» (premio al miglior esordiente) del 2012 lo hanno portato a primeggiare nelle tre più recenti edizioni. Una richiesta del DIEF all’allora Rettore Luigi Dei, presentata in tandem con il Firenze Race Team, team studentesco di automobilismo, ha portato qualche anno fa ad ottenere un piccolo contributo al Dipartimento per le competizioni studentesche. Nelle competizioni gli studenti sono chiamati a confrontarsi con i loro colleghi provenienti da altre università, in contesti simili a quelli futuri professionali, in modo da poter dimostrare non solo il possesso delle competenze formative acquisite, ma anche di capacità complementari quali quelle di mettere effettivamente in pratica tali competenze (il saper fare), di lavorare in team, di programmare le attività per rispettare le scadenze, di riconoscere una leadership, ecc. In altre parole, tramite tali competizioni, si stimola l’acquisizione di capacità aggiuntive (quelle che spesso vengono chiamate «soft skills») che rappresentano caratteristiche personali importanti in qualsiasi contesto lavorativo.

Parecchi atenei italiani e stranieri utilizzano molto la partecipazione a queste competizioni come strumento di veicolazione del «brand» dell’Ateneo al fine di aumentarne l’attrattività. Va da sé che i contributi che gli altri atenei danno ai propri team sono entità ben diversa rispetto a quanto accade a Firenze. Sarebbe auspicabile che la percezione dell’importanza di questo strumento di promozione da parte dei nostri vertici aumentasse in futuro.

Il 2012 può essere considerato come il vero e proprio anno di nascita Robotics Team dell’MDM Lab in quanto, sebbene attività di robotica siano state svolte presso la Sezione fin dai primi anni 2000, in quel particolare anno, mentre si cominciavano a

consolidare le competenze in robotica marina, iniziavano delle attività, tutt'ora in corso, nell'ambito della robotica indossabile dedicata alla riabilitazione e all'assistenza ai disabili. Nell'ambito di questo filone di ricerca sono stati sviluppati negli anni parecchi esoscheletri per la mano, sia di tipo assistivo che di tipo riabilitativo.

#### Robotica indossabile

Nel 2012 circa fui contattato dal collega Michele Basso a cui si era rivolto un ricercatore del CNR, l'Ing. Massimo Bianchini, affetto da disabilità, compresa l'impossibilità di aprire le dita delle mani. Massimo cercava degli interlocutori per cercare di ideare e realizzare un esoscheletro di mano di tipo assistivo che gli permettesse di aprire le mani volontariamente. Cogliendo questa occasione, si è aperto nel 2012 un nuovo filone di attività e ricerca per l'MDM Lab: la Robotica indossabile per l'assistenza ai pazienti. La sfida più grande quella di far confluire le competenze che il gruppo aveva acquisito negli anni in un ambito che prevedeva orizzonti ancora inesplorati, uno su tutti quello dell'interazione diretta con la persona.

I primi esoscheletri di mano per l'assistenza hanno preso forma fra le mura del laboratorio grazie al lavoro di tesisti e studenti di dottorato, ma erano dispositivi elettromeccanici piuttosto che ausili biomedicali. In questa prospettiva, un importante passo avanti è stato l'instaurarsi nel 2015 di una duratura collaborazione con l'IRCCS (Istituto di Ricovero e Cura a Carattere Scientifico) «Don Gnocchi» di Scandicci che nel 2019 è culminata con l'istituzione del RING@LAB, il laboratorio congiunto sulla Bioingegneria della riabilitazione. Il confronto con i professionisti dell'ambito clinico e con gli utenti finali ha arricchito il processo di progettazione cambiandone il paradigma verso la co-progettazione incentrata sull'utente, rendendo i prototipi sviluppati più facilmente utilizzabili, più personalizzabili e più sicuri. Da questa interazione si è aperta anche la possibilità di testare i dispositivi su pazienti in cura presso il centro, da cui sono state ricavate preziose lezioni per il miglioramento del prodotto finale (in Figura X si vede l'evoluzione del design nel corso degli anni).



Figura 36 – A sinistra, uno dei primi prototipi in grado di assistere contemporaneamente le quattro 'dita lunghe' attraverso un azionamento a pulsante; in centro, il dispositivo migliorato dall'introduzione di un sistema di riconoscimento automatico dell'intenzione motoria; a destra, DANTE, l'ultima versione ulteriormente perfezionata dall'introduzione dell'assistenza indipendente a tutte le dita e di un potenziato sistema di riconoscimento automatico.

Le successive versioni degli esoscheletri assistivi sono stati negli anni al centro di altrettanti progetti di ricerca – HOLD (2018), ReHub (2019), Hermes (2019), R3COVER (2021), THE (2022). Nel frattempo, al gruppo si sono aggiunti nuovi membri permettendo alle attività di espandersi su percorsi «cugini» di quello dell'assistenza robotica ai pazienti: l'assistenza ai lavoratori e la riabilitazione. Particolarmente interessanti si sono rivelati i risultati della collaborazione nel 2017 con Eiffage Infrastructures (il terzo gruppo del settore dell'ingegneria civile e lavori pubblici in Francia)

che ha portato alla concettualizzazione di un esoscheletro per arti inferiori per assistere i lavoratori nella proiezione del calcestruzzo. Altrettanto significativi i risultati del progetto BMIFOCUS (2018) che ha finanziato le attività di progettazione che, in due anni, hanno portato allo sviluppo e brevettazione di un esoscheletro di mano per la riabilitazione. Lo stesso esoscheletro è diventato perno delle attività del gruppo di ricerca all'interno dell'ambizioso progetto Fit for Medical Robotics (FIT4MEDROB, 2022) finanziato dal Piano nazionale per gli investimenti Complementari al PNRR. Entrambi i dispositivi sono visibili in Figura Y.



Figura 37 – A sinistra, l'esoscheletro passivo (che non integra cioè motori) ideato per assistere i lavoratori dei cantieri edili di Eiffage Infrastructures; a destra, FLEXO, l'esoscheletro realizzato per incentivare le attività di riabilitazione della mano grazie all'integrazione di dinamiche di gioco mediate dal robot.

#### SIR e FIS: progetti di eccellenza

Motivi di grande vanto per la Sezione di Meccanica Applicata alle Macchine sono certamente l'approvazione da parte del Ministero del finanziamento del progetto «Design of innovative high speed high efficiency compressors» con un importo di circa 1 milione di euro nell'ambito del bando SIR 2014 di cui era proponente l'allora Ing. Enrico Meli, e la recentissima approvazione da parte del Ministero del finanziamento del progetto «Pioneering Limitless Endurance for Next-Generation Marine Robotics» con un importo di circa 1,6 milioni di euro nell'ambito del bando FIS 2 di cui è responsabile scientifico il Prof. Alessandro Ridolfi.

#### Altri progetti europei di robotica marina (SUNRISE, ARCHEOSUB)

- SUNRISE
- ARCHEOSUB
- Progetto HOLD<sup>11</sup>
- Progetti PNRR
- RUVIFIST
- VQR 2015-19. La Sezione di Meccanica Applicata – SSD ING-IND/13, di cui fanno parte Allotta, Pugi, Meli, Ridolfi, Rinchi, Rindi, nella VQR 2015-19, è risultata prima a livello nazionale per i neoassunti (profilo b) e quinta a livello nazionale per il gruppo completo (profilo a + b)
- Progetti PNS

<sup>11</sup> <https://www.youtube.com/watch?v=PaHDO-LviO8>



Figura 38 – Una foto di componenti del Laboratorio di Modellazione Dinamica e Meccatronica nel 2022.

#### Riferimenti bibliografici

- Allotta, B. et al. 2012a. "Evaluation of Odometry Algorithm Performances Using a Railway Vehicle Dynamic Model." *Vehicle System Dynamics* 50(5): 699-724.
- Allotta, B. et al. 2012b. "Design and Implementation of Dynamic Simulators for The Testing of Inertial Sensors." *IEEE International Conference on Robotics and Automation*, 5024-29. Saint Paul (MN).
- Allotta, B. et al. 2012c. "Thesaurus Project: Design of New Autonomous Underwater Vehicles for Documentation and Protection of Underwater Archaeological Sites." *Progress in Cultural Heritage Preservation*.
- Allotta, B. et al. 2015. "Typhoon at CommsNet13: Experimental Experience on AUV Navigation and Localization." *Annual Reviews in Control Volume* 40: 157-71.
- Allotta, B., Pugi, L. e F. Bartolini. 2008. "Design and Experimental Results of an Active Suspension System for a High-Speed Pantograph." *IEEE/ASME Transactions on Mechatronics* 13(5): 548-57.
- Fioravanti, D., Allotta, B. e A. Rindi A. 2008. "Image Based Visual Serving for Robot Positioning Tasks." *Meccanica* 43: 291-305.
- Magheri, S. 2011. "An Innovative Wheel-Rail Contact Model for Multibody Applications." *Wear* 271(1-2): 462-71.
- Malvezzi, M. et al. 2008. "Odometric Estimation for Automatic Train Protection and Control System." *Proceedings of WCRR 2008 – 8th World Congress of Railway Research*.
- Pugi, L. et al. 2006. "HIL Simulation of WSP Systems on MI-6 Test Rig." *Vehicle System Dynamics* 44(1): 843-52