

---

# LA VASCA NAVALE DELLA SPEZIA E LA NASCITA DELLA MODERNA ARCHITETTURA NAVALE IN ITALIA

---

CLAUDIO BOCCALATTE

La moderna architettura navale è nata nella seconda metà del secolo XIX con lo sviluppo della metodologia sperimentale e la costruzione delle prime vasche navali per l'effettuazione di esperimenti con modelli in scala delle navi. L'Italia è stata, in quest'ambito, seconda solo alla Gran Bretagna, paese in cui nel 1871 è stata completata la prima vasca navale ad opera di William Froude. In Italia è stata, infatti, costruita la seconda vasca navale al mondo, la vasca della Regia Marina, ultimata nel 1889 all'interno dell'Arsenale della Spezia e andata poi distrutta nel corso della seconda guerra mondiale.

Anche dopo la distruzione della vasca della Spezia la Marina Militare ha continuato a giocare un importante ruolo nello sviluppo dell'architettura navale, sia svolgendo direttamente attività di ricerca e sviluppo, principalmente presso il CEIMM (Centro Esperienze Idrodinamiche Marina Militare), sia operando con il concorso di università, industrie e centri di ricerca, primo fra tutti l'INSEAN (Istituto Nazionale per gli Studi ed Esperienze di Architettura Navale, che oggi è parte del CNR), fondato nel 1927 dal generale del Genio Navale Giuseppe Rota, già primo direttore della vasca della Spezia, che ne fu il primo presidente, e rinnovata, dopo la seconda guerra mondiale, dal secondo presidente, il generale del Genio Navale Umberto Pugliese.

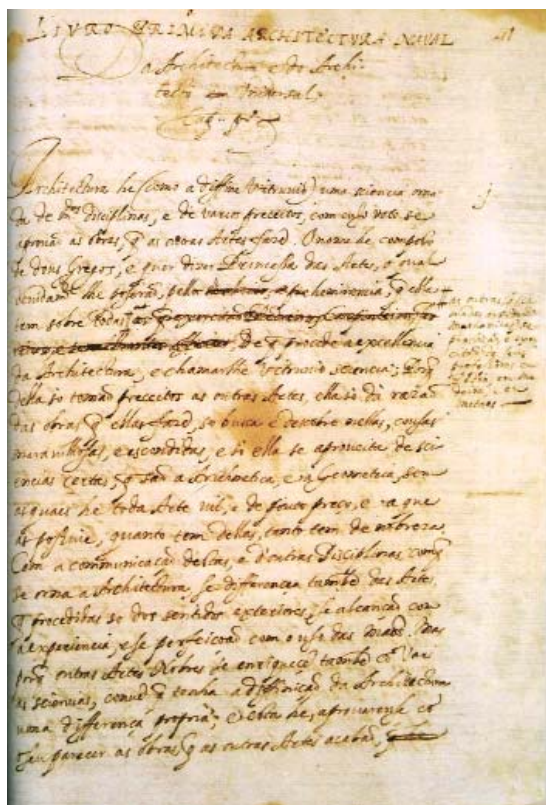
## **Breve storia dell'architettura navale**

L'architettura navale è l'insieme delle conoscenze che permettono di progettare una nave; si occupa delle forme dello scafo, del dislocamento, galleggia-

bilità, stabilità e compartimentazione, delle strutture e della loro resistenza, della resistenza all'avanzamento e dei sistemi di propulsione, del rumore e delle vibrazioni, della manovrabilità e della tenuta al mare. È una disciplina separata dalla costruzione navale, che si occupa invece delle metodologie costruttive. L'espressione fu usata per la prima volta nel XVII secolo: *Livro Primeiro de Architectura Naval*, scritto nel 1610 dal portoghese João Baptista Lavanha, e *Architectura Navalis*, scritto nel 1629 dal tedesco Joseph Furtenbach.

Si possono individuare quattro periodi, contraddistinti dai diversi strumenti utilizzati per la progettazione navale:

- La preistoria della costruzione navale, in cui le navi venivano costruite solo sulla base dell'esperienza (fino al 1450);
- L'inizio dell'utilizzo di strumenti geometrici per la progettazione (1450-1750);
- L'applicazione delle teorie scientifiche (1750-1850);
- L'epoca dell'ottimizzazione ingegneristica (dal 1850 ad oggi).



L'insediamento umano in Australia e Nuova Guinea risale a circa 40 000 anni or sono; a tale epoca, quindi, devono risalire i primi mezzi usati dall'uomo per navigare. Le prime navi di legno di cui si ha traccia risalgono al periodo 2650-2000 avanti Cristo, in Egitto e

Nel testo *Livro Primeiro de Architectura Naval*, scritto nel 1610 dal portoghese João Baptista Lavanha, compare per la prima volta il termine "architettura navale" per designare la tecnica della progettazione delle navi. (Da internet, wikipedia).

Nella pagina a fronte: La copertina del testo *Architectura Navalis*, scritto nel 1629 dal tedesco Joseph Furtenbach. (Da internet, wikipedia)

ARCHITECTURA NAVALIS.

Das ist:

**VON DEM SCHIFF**  
Gebaw / Auff dem Meer vnd  
Seeckusten zugebrauchen.

Vnd Nemblich / Zu was Form vnd gestalt / Fürs  
Erste / Ein Galea, Galeazza, Galeotta, Bergantino, Filucca, Frega-  
ta, Liudo, Barchetta, Piatta: Zum Andern / Ein Nave, Polica, Tartana, Barco-  
ne, Caramuzzala, vnd ein gemeine Barca. (welche samptlich zu Krieg: vnd Frie-  
dens Zeiten an sezo in den Vornehmsten Meer Porten zu finden:) nach ver-  
ständlicher / gewisser Regul / vnd vnfehlbarer beständiger  
Ordnung sollen erdowen werden.

Allen / Auff dem Meerpracticirten Liebhabern / Wie  
auch den Barweistern / vnd Mahlern zu Wolgefallen / vnd sonder-  
bahren Nutzbarkeiten: Auf selbst gesehenen / vnd mit allem Fleiß zusammen ge-  
tragenen vnd außgezeichneten Wercken. Viesen turg. widerholter Fürbildung: der in Anno 1571.  
zwischen den Christen vnd Türcken fürgegangenen hochernstlichen / Ansehnlichen Meereschlacht;  
Sampt vielen Abrisßen: vnd noch darüber. 20. dem Natural gar ähntlich - vnd recht Con-  
tertschiffischen Kupferstücken / complirt. außgerisset: vnd in gegenw-  
ertigen Corpore ganz Egenntlich beschriben /

Durch

Josephum Furtenbach.



Mit Kön. Kay. May. Freyheit in. 12. Jahren nicht nach zuwenden  
Getruckt in des Heiligen Römischen Reichs Statt Vlm / Durch  
Jonam Saurm / Bestellten Buchdruckern dafelbsten.

ANNO M. D. C. XXIX.



Un vascello che batte bandiera della Repubblica di Venezia, erede delle famose “galere” che hanno fatto grande la Repubblica. (Rudolf Claudus, *Repubbliche Marinare*, 90x180, olio su tela, esposto presso il Circolo Ufficiali Vittorio Veneto della Spezia)

a Creta; tuttavia la colonizzazione delle isole del Mediterraneo circa 10 000 anni prima testimonia l'esistenza di qualche forma di navigazione e quindi di costruzione navale.

Nell'antichità e nel Medioevo le navi venivano costruite sulla base di regole empiriche, spesso legate a credenze di tipo superstizioso o ad analogie con il corpo umano. Mentre nell'Europa settentrionale s'iniziava a costruire la nave dal fasciame esterno, in Mediterraneo si utilizzava la tecnica più complicata, ma anche più razionale, di iniziare con la posa delle ossature.

Nel XV secolo a Venezia si svilupparono le prime metodologie geometriche per la progettazione delle famose “galere”, e con esse nacque la suddivisione fra le attività di progettazione e di costruzione delle navi; fino ad allora, infatti, non esisteva una fase di progettazione sulla carta della nave, ma essa veniva costruita sulla base dell'esperienza del costruttore (il cosiddetto “mastro d'ascia”).

Sempre a Venezia nel XV secolo furono costruiti i primi modelli di navi utilizzati come strumento di progettazione. Sarà, però, solo alla fine del XVIII secolo che si diffonderà, inizialmente nei paesi anglosassoni, l'uso dei mezzi modelli solidi delle carene, utilizzati sia come strumento di progettazione sia come modalità di presentazione dei progetti ai committenti.

Nel XVII secolo le navi da guerra erano caratterizzate da grandi aperture nelle murate per permettere ai cannoni di far fuoco; divenne quindi im-

portante l'applicazione della legge di Archimede – che, come noto, lega la spinta dell'acqua su un corpo galleggiante al peso dell'acqua spostata, e cioè al volume della carena immerso – al fine di assicurarsi, prima della costruzione della nave, che le aperture dei cannoni fossero a un'altezza dal galleggiamento sufficiente per impedire l'ingresso d'acqua e quindi il possibile affondamento. La necessità di eseguire calcoli di stabilità si fece evidente e pressante in seguito al capovolgimento e affondamento di alcune unità dell'epoca, caratterizzate dalla presenza di pesanti cannoni sui ponti superiori e delle relative aperture; l'esempio più famoso è quello della nave svedese *Vasa*, capovoltasi e affondata il 10 agosto 1628, appena fuori dal porto di Stoccolma, nel corso della cerimonia d'inaugurazione, a causa dei gravi problemi di stabilità derivanti dall'accoglimento di tutte le richieste dell'armatore (il re Gustavo Adolfo di Svezia), anche se eccessive e irrazionali, e della volontà di non contrariarlo rimandando o sospendendo la cerimonia d'inaugurazione. Dopo i primi trattati scritti nel XVII secolo, nel XVIII vengono quindi poste le basi dei calcoli di dislocamento e stabilità, inclusa la nozione di metacentro, ancora oggi alla base degli studi d'idrostatica. È la prima vera applicazione di una teoria scientifica al progetto di una nave.

Con l'affermarsi, all'inizio del XIX secolo, della propulsione meccanica, assunse una grande importanza anche il problema di poter predire la potenza dell'apparato motore necessaria per ottenere una certa velocità. La soluzione di questo problema nella seconda metà del secolo XIX segna la nascita della moderna architettura navale, con lo sviluppo della metodologia sperimentale, l'enunciazione delle complesse leggi di similitudine che consentono di trasferire alla nave in vera grandezza i risultati di prove eseguite su modelli in scala ridotta, dei quali è possibile misurare con una certa facilità la resistenza al moto, e la costruzione delle prime vasche navali per l'effettuazione appunto d'esperimenti sui modelli in scala delle navi. Sempre della seconda metà del XIX secolo è la teoria della "trave nave", che assimila le sollecitazioni di una nave posta su un'onda a quelle di una trave, e che è ancora oggi utilizzata per il progetto delle strutture navali.

Nella prima metà del XX secolo la tecnologia ha fatto passi da gigante, con lo sviluppo di nuovi impianti di propulsione e navi sempre più grandi e veloci, ma la teoria della progettazione navale è rimasta in gran parte quella della fine del secolo precedente.

L'ingegnere navale ha sempre utilizzato gli strumenti di calcolo più avanzati disponibili, come abachi, diagrammi, regolo e calcolatori elettromeccanici; negli anni 1960, con l'avvento dell'impiego generalizzato dei computer, è stato possibile sviluppare nuovi complessi modelli matematici

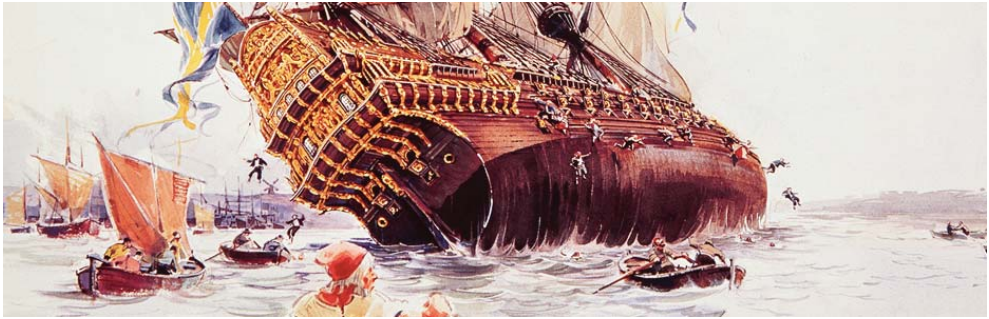


Immagine della nave svedese *Vasa*, capovoltasi ed affondata il 10 agosto 1628, appena fuori dal porto di Stoccolma, nel corso della cerimonia d'inaugurazione, a causa di gravi problemi di stabilità. (Fonte: National Maritime Museums)



Lo scafo della *Vasa*, affondato nel 1628, recuperato dopo 333 anni e restaurato, è oggi esposto presso il Vasa Museum di Stoccolma. (National Maritime Museums. Foto di Anneli Karlsson)

che consentono di simulare, con livelli di dettaglio prima impensabili, i fenomeni fisici che sono alla base del comportamento di una nave. A titolo d'esempio, nel campo della progettazione strutturale si è passati dal considerare la nave come un'unica trave "appoggiata" sull'onda al simulare il

comportamento di tutti i diversi particolari strutturali mediante il metodo cosiddetto degli elementi finiti. Nel campo dell'idrodinamica, alla tradizionale metodologia sperimentale basata sulle prove in vasca di modelli sottoposti poi a modifiche dettate dall'esperienza del progettista si è affiancata l'idrodinamica numerica (*CFD: Computational Fluid Dynamics*), che consente di simulare il comportamento delle singole particelle d'acqua e, da questo, calcolare direttamente il comportamento della nave; i complessi modelli che hanno dato vita al CFD iniziano a comparire durante i congressi dell'ITTC (*International Towing Tank Conference*) del 1981 e del 1984. Il vantaggio di tale metodologia, il cui costo, attualmente, non è inferiore a quello delle prove sui modelli (a causa dell'estrema complessità dei calcoli e dell'enorme livello di dettaglio con cui bisogna simulare la superficie della carena), è la possibilità, una volta effettuata la modellazione di una carena, di variarne automaticamente le forme fino a ottenere la carena ottima per i risultati che si vogliono conseguire (ad esempio la carena che offre la minima resistenza al moto).

Sempre nel corso del XX secolo l'architettura navale si dota degli strumenti per prevedere il comportamento delle navi in altri due importanti settori: la manovrabilità e la tenuta al mare. In entrambi i settori vengono sviluppate nella seconda metà del secolo complesse metodologie per le prove sperimentali su modelli e programmi di calcolo previsionali. In Italia già nel 1939 l'INSEAN effettuò prove sperimentali su modelli per la determinazione delle caratteristiche di manovrabilità al Lago di Sabaudia.

## William Froude e la prima vasca navale

William Froude è considerato il padre della moderna architettura navale, e in particolare dell'idrodinamica sperimentale, metodologia impiegata per la previsione, mediante prove su modelli, della potenza necessaria per far raggiungere una certa velocità a un'unità navale.

Nel 1859 Froude iniziò una serie d'esperienze di rimorchio di modelli in legno di navi di due differenti forme (chiamate *Swan* e *Raven*, ovvero *Cigno* e *Corvo*) in tre dimensioni diverse; *Swan* era caratterizzata dalla presenza di una prora a bulbo. Tali esperienze, condotte all'aperto sul fiume Dart, rimorchiando i modelli mediante una motobarca, gli permisero di formulare, partendo dalla definizione di similitudine dinamica enunciata da Isaac Newton nel 1740, la legge generale sulla similitudine nella resistenza al moto, secondo cui modelli geometricamente simili producono treni d'onde



I modelli delle imbarcazioni *Swan* (in alto) e *Raven* (in basso) impiegati da William Froude nel 1859 per stabilire le leggi di similitudine alla base dell'idrodinamica sperimentale. (Da internet, wikipedia)

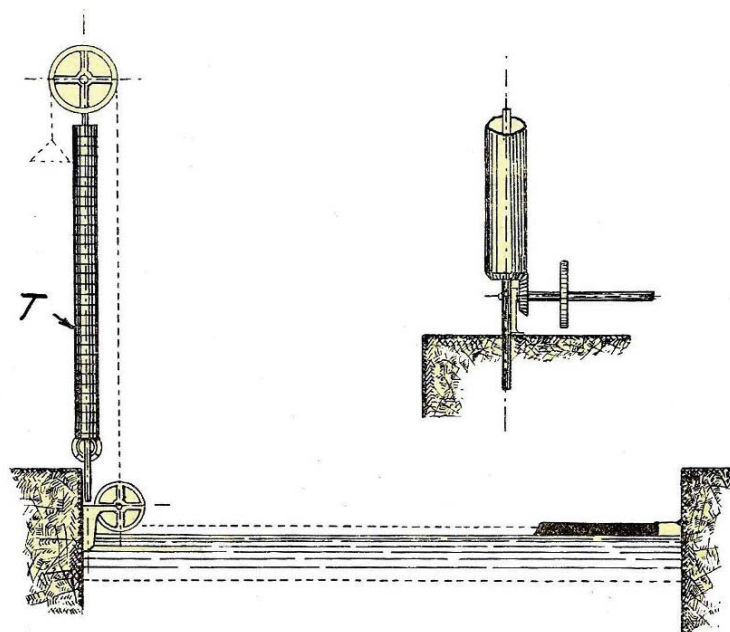


FIG. 1 -- VASCA SPERIMENTALE DI CASTELLAMMARE DI STABIA

Sistemazioni sperimentali impiegate nel cantiere di Castellammare di Stabia intorno al 1870 per effettuare alcune esperienze idrodinamiche sulla carena della corazzata *Duilio*, allora in costruzione. (Dall'Annale numero 1 della Vasca Nazionale per le Esperienze di Architettura Navale di Roma, edito nel 1931)



La prima vasca navale per esperienze idrodinamiche, chiamata Admiralty Experiment Works (A.E.W.), ideata da William Froude ed inaugurata nel 1872 a Torquay, in Gran Bretagna. (Da internet)

simili, quando procedono a velocità corrispondenti, cioè aventi costante il rapporto fra la velocità stessa e la radice quadrata della lunghezza del modello. Inoltre secondo Froude anche la resistenza specifica (resistenza per tonnellata di dislocamento) avrebbe dovuto essere la stessa per navi simili a velocità corrispondenti; sebbene questa deduzione non sia completamente vera (è vera solo per la resistenza residua, che è una componente della resistenza totale di uno scafo), essa ha posto le basi per lo sviluppo della moderna metodologia d'idrodinamica sperimentale.

Nel 1860 William Froude riuscì a persuadere l'ammiragliato britannico a finanziare la costruzione di una prima vasca navale per esperienze su modelli, chiamata Admiralty Experiment Works (A.E.W.), e ubicata a Torquay. La vasca fu completata nel 1871 e, dopo una serie di prove di calibrazione, iniziò a operare nel 1872; nei primi anni d'operazione della vasca, William Froude introdusse tutte le metodologie di prova ancora adesso utilizzate per le prove in vasca di modelli di carene e di eliche in acqua tranquilla. I risultati delle prove portarono a importanti modifiche nella forma delle carene delle unità della Royal Navy.

La metodologia tradizionale per calcolare la resistenza al moto e i coefficienti propulsivi di una carena, detta metodo di Froude, si basa quindi ancora oggi sull'esecuzione di prove sperimentali su modelli di carena in dimensioni ridotte all'interno di ambienti controllati: le vasche navali. I risultati delle prove sperimentali sono trasferiti al vero scomponendo la resistenza in una parte che può essere calcolata teoricamente, la resistenza d'attrito (funzione della superficie di carena), e una parte che invece non può essere calcolata, ma deve essere misurata sperimentalmente, la resistenza residua, a sua volta composta dalla resistenza d'onda (che ne costituisce la stragrande maggioranza) e la resistenza dei vortici. Si misura quindi la resistenza totale del modello, ad essa si sottrae la resistenza d'attrito calcolata teoricamente per il modello e si ottiene la resistenza residua del modello. Tale resistenza si riporta in vera grandezza applicando un'apposita legge di similitudine, basata sull'intuizione di Froude secondo cui a velocità corrispondenti la resistenza residua specifica della nave e del modello è uguale. Si ottiene così la resistenza residua della nave; ad essa si somma la resistenza d'attrito della nave, calcolata teoricamente con la stessa formula impiegata per calcolare la resistenza d'attrito del modello, ma impiegando le dimensioni e le caratteristiche della nave in vera grandezza, e si ottiene quindi la resistenza totale della nave, da cui si ricava, moltiplicandola per la velocità, la potenza a rimorchio, cioè la potenza assorbita dalla carena per muoversi a una certa velocità.

Tra la fine del XIX e i primi anni del XX secolo tutti i principali paesi sedi di un'industria navale si dotarono di vasche navali basate sulla metodologia di Froude: alla Gran Bretagna seguirono, infatti, Italia, Stati Uniti d'America, Francia, Russia, Giappone, Olanda, Austria, Spagna, Norvegia, Danimarca, Svezia.

William Froude morì nel 1879, e il suo lavoro fu proseguito dal figlio Robert Edmund Froude, che diresse l'A.E.W. per quaranta anni, fino al 1919. La vasca di Torquay, troppo corta per le esigenze della sperimentazione, e ubicata in edifici costruiti al risparmio, venne chiusa nel 1886, e nel 1887 iniziò l'attività la nuova vasca ubicata a Haslar; sia la vasca sia le attrezzature di prova vennero progettate da Robert Froude. La vasca navale di Froude a Haslar rimase attiva fino al 1956, quando, a causa del degrado delle condizioni del carro e delle rotaie, fu messa fuori servizio; nel frattempo erano state costruite diverse altre strutture di prova (vasche, tunnel di cavitazione, tunnel del vento, e altro), in quello che è oggi il centro di ricerca idrodinamico "Haslar Marine Technology Park" della società QinetiQ, società nata dalla privatizzazione della maggior parte dei centri di ricerca del Ministero della Difesa del Regno Unito.

## **L'Architettura navale e la città della Spezia**

La nascita della moderna architettura navale in Italia è strettamente legata in vari modi alla città della Spezia, che ha avuto un ruolo addirittura superiore a quello delle città di Genova e Napoli, sedi di facoltà universitarie d'ingegneria navale e di grandi gruppi cantieristici e armatoriali nazionali.

La Spezia deve il suo passaggio dallo stato di paese a quello di città e capoluogo di provincia alla costruzione dell'Arsenale. Napoleone Bonaparte fu il primo a far progettare una base navale nel Golfo della Spezia, e più precisamente nel seno del Varignano (con decreto in data 11 maggio 1808 viene istituito il porto militare della Spezia e con successivo decreto in data 11 giugno 1808 ne viene individuata la sede tra Le Grazie, il Varignano e Portovenere). Il progetto napoleonico non fu mai realizzato per la caduta dell'Impero, ma fu ripreso dopo la prima guerra d'indipendenza da Cavour nella sua veste di ministro della Marina del Regno di Sardegna.

Dopo alcuni progetti iniziali, che riprendevano l'idea napoleonica di ubicarlo al Varignano, l'arsenale fu progettato attorno al 1860, nella sede che occupa ancora oggi, posta all'epoca tra i paesi di Spezia e San Vito, dall'allora maggiore del Genio Militare Domenico Chiodo.

Domenico Chiodo nacque a Genova nel 1823, entrò giovanissimo nella scuola di Marina di Genova, e fu nominato guardiamarina a quindici anni. Nel 1840 passò nel corpo del Genio Marittimo (il cui direttore era suo padre, maggior generale Gio Batta Chiodo), accorpato nel 1848 al Genio Militare (corpo del Regio Esercito). Ebbe così inizio la tradizione degli ufficiali del Genio dell'Esercito "prestati" alla Marina per le attività del Genio Militare Marittimo, tradizione interrottasi solo a cavallo tra la fine del secondo e l'inizio del terzo millennio, quando quest'attività è passata fra le competenze del corpo del Genio Navale, corpo che comprende quindi oggi sia ufficiali navali (eredi della tradizione di Benedetto Brin) sia infrastrutturali (eredi della tradizione di Domenico Chiodo). Trasferito nel 1857 alla Spezia, Domenico Chiodo si occupò della progettazione e della costruzione dell'arsenale. Fu promosso generale nel 1866. Poco dopo la cerimonia d'inaugurazione dell'arsenale, al rientro da una missione in Egitto, dove era stato inviato in occasione dell'apertura del canale di Suez, si ammalò e morì nel 1870, all'età di soli 47 anni.

Nel corso della sua breve ma intensa carriera, progettò anche le sistemazioni dell'arsenale di Taranto con il suo canale navigabile e ponte girevole, e si occupò del progetto preliminare per l'ammodernamento dell'arsenale di Venezia.



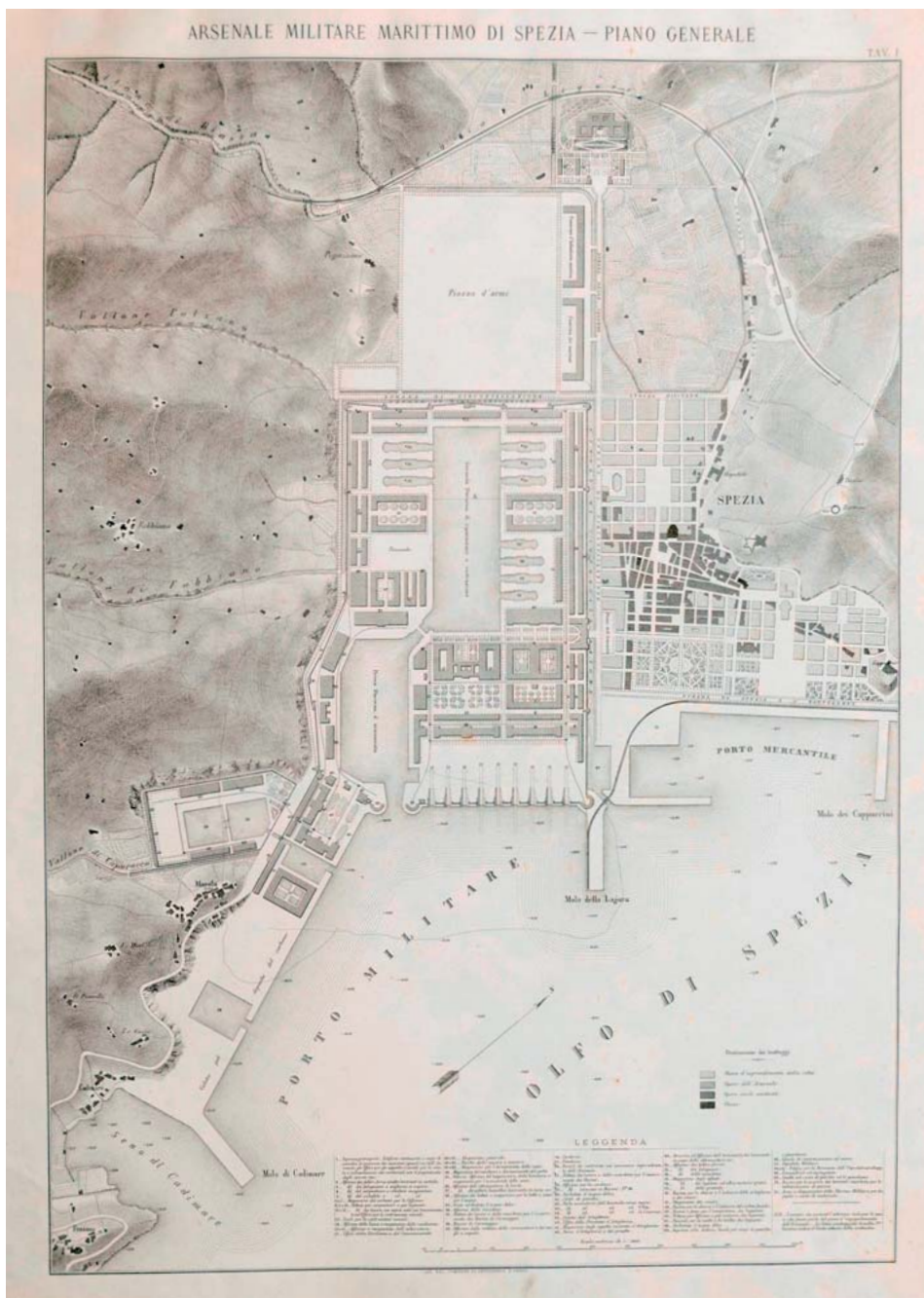
Di fronte all'ingresso principale della base navale della Spezia si trova il monumento dedicato al generale Domenico Chiodo, cui si devono la progettazione e la realizzazione del Regio Arsenale della Spezia, immane opera d'ingegneria marittima che assorbì una consistente fetta del bilancio del giovane Regno d'Italia e mutò la fisionomia della città. (Fonte: Marina Militare)

Gli imponenti lavori di costruzione dell'arsenale della Spezia ebbero inizio nel 1861, e la cerimonia dell'inaugurazione ebbe luogo il 28 agosto del 1869 con l'immissione dell'acqua nelle darsene e nei bacini. I lavori proseguirono negli anni successivi, attraverso ulteriori

ampliamenti, con la costruzione di officine, caserme e altre strutture di supporto fino al 1900 circa, quando l'arsenale raggiunse la configurazione definitiva. Si è trattato di un'opera d'ingegneria civile e marittima immane, in particolare per le opere di scavo delle darsene e dei bacini e per gli interramenti eseguiti con il terreno di riporto nelle zone che costituiscono oggi il fronte a mare (o, come si usa dire oggi, *waterfront*) della città, interramenti che hanno modificato profondamente la fisionomia della città.

La costruzione dell'arsenale costò oltre 50 milioni di lire (in totale furono investiti 56,8 milioni, di cui 45,2 per la realizzazione dell'arsenale vero e proprio, 4,9 per il cantiere di San Bartolomeo, 1,1 per le opere del Varignano e 5,6 per macchine e attrezzature), assorbendo per 12 anni (dal 1869 al 1880) una fetta sostanziale del bilancio del neonato Regno d'Italia, e assicurando per oltre 140 anni benessere alla città della Spezia.

Con la nascita dell'arsenale si formò all'interno della Regia Marina un polo, fortemente integrato, per la progettazione e la costruzione delle navi



Progetto originale del Regio Arsenale della Spezia, come concepito da Domenico Chiodo. (Fonte: Marina Militare)

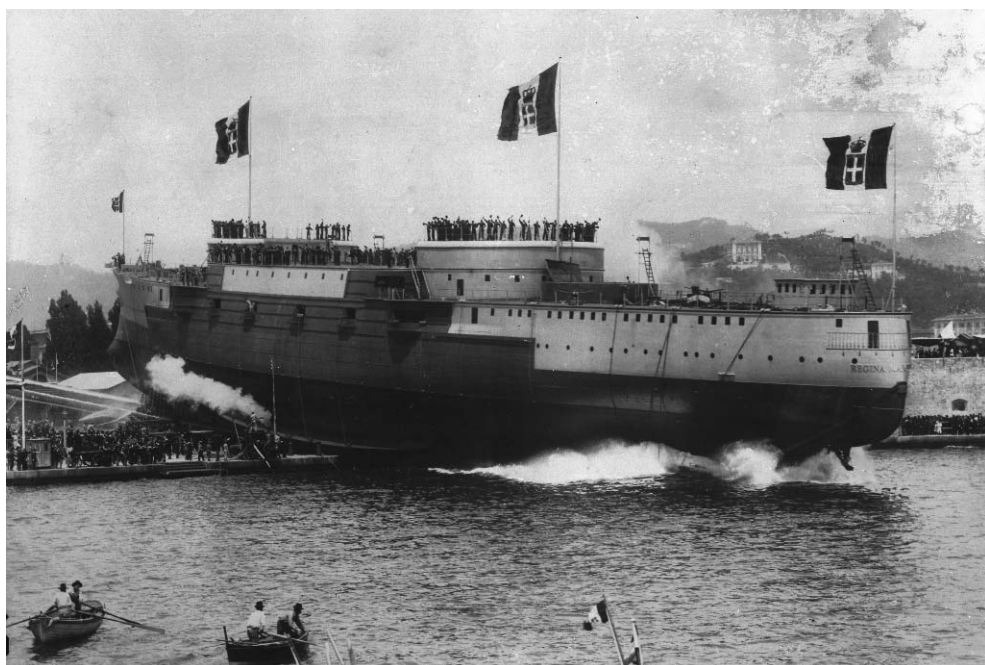


L'inaugurazione del Regio Arsenal della Spezia, il 28 agosto 1869. (Fototeca USMM)

militari, costituito dal Comitato Progetti Navi di Roma e dai Regi Arsenali. In particolare all'interno dell'arsenale della Spezia furono create due strutture specialistiche, la vasca navale e il "Laboratorio metrico sperimentale"; quest'ultimo venne istituito nel 1895, inizialmente per controllare gli strumenti di misura impiegati per gli impianti di propulsione a vapore, ampliando poi la propria attività fino a comprendere prove di vario tipo sui materiali più disparati (metalli, legno, cordami, lubrificanti, combustibili, cementi, coibenti, pitture). Va ricordata anche la creazione, nel 1880, della Commissione Permanente per gli esperimenti sul Materiale da Guerra (MARIPERMAN), ancora oggi in attività anche se negli ultimi anni è stata assorbita nel CSSN (Centro Supporto e Sperimentazione Navale).

### La nascita della vasca Froude della Spezia

In Italia, come già accennato, è stata costruita la prima vera vasca navale al di fuori della Gran Bretagna: la vasca della Regia Marina, ubicata alla Spezia all'interno dell'arsenale. La costruzione della vasca, dovuta principalmente al generale del Genio Navale Benedetto Brin, all'ingegnere del Genio Nava-



Il varo della corazzata *Regina Margherita* (classe omonima, progettata da Benedetto Brin), il 30 maggio 1901, nel Regio Arsenal della Spezia. (Fototeca USMM)

le Nabor Soliani e all'allora ingegnere di seconda classe del Genio Navale Giuseppe Rota, ebbe inizio nel 1887 e fu ultimata nel 1889.

Benedetto Brin (1833-1898) fu ingegnere, ufficiale e uomo politico. Come ingegnere progettò diverse classi di navi, tra cui le rivoluzionarie corazzate *Duilio* (costruita nel 1873-1880 a Castellammare di Stabia) e *Dandolo* (costruita nel 1873-1882 dall'arsenale della Spezia), all'epoca considerate le più potenti unità navali del mondo. Come ufficiale raggiunse l'apice della sua carriera con l'incarico di generale ispettore e capo di Corpo del Genio Navale dal 1880 al 1884. Come uomo politico fu deputato dal 1874, ministro della Marina dal marzo 1876 al dicembre 1878 e dal marzo 1884 al febbraio 1891, ministro degli Esteri dal maggio 1892 al novembre 1893, e ancora ministro della Marina dal marzo 1896 fino alla morte.

Brin ideò il moderno sistema industriale navale italiano, cioè l'insieme di scuole, centri di ricerca e industria coinvolti nella progettazione, costruzione e manutenzione delle navi, con una particolare attenzione alla formazione degli ingegneri navali. Questo sistema comprendeva, oltre agli arsenali

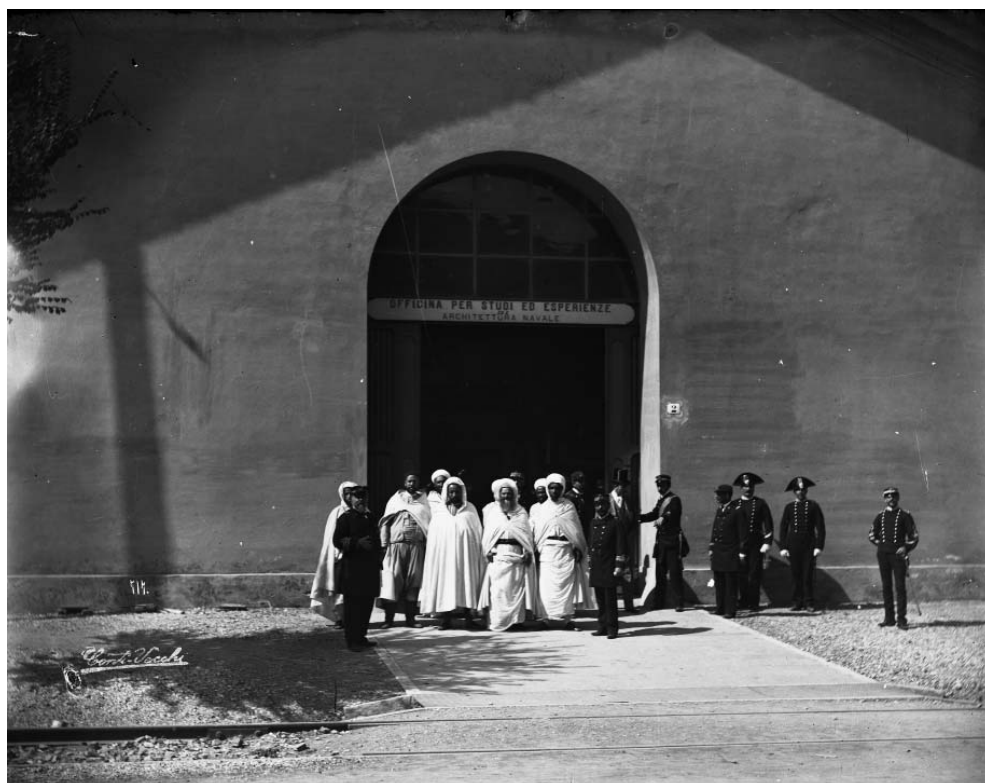
li della Spezia e Taranto e al cantiere di Castellamare di Stabia, la vasca navale, il Comitato Progetti Navi della Marina, la Scuola Navale Superiore di Genova, la Commissione Permanente della Spezia, le acciaierie di Terni e altre industrie specializzate per la produzione degli apparati motori e delle artiglierie ubicate in tutta Italia. La maggior parte di queste realtà sono attive ancora oggi.

Giuseppe Rota (1860-1953), considerato il “padre” della moderna architettura navale italiana, fu l’ideatore, realizzatore e primo direttore della vasca navale della Spezia dal 1889 al 1899. Egli inoltre progettò diverse unità navali, tra cui alcune unità portaerei, mai realizzate. Fu capo di Corpo del Genio Navale dal 1924 al 1925, primo presidente dell’INSEAN dal 1927 al 1946, senatore del regno dal 1928 al 1946.

Nabor Soliani fu ingegnere del Genio Navale, raggiungendo il grado di generale; in tale veste progettò gli “incrociatori torpedinieri” *Agordat* e *Cotatit*, interessanti unità realizzate nel 1897-1900. Poco prima dello scoppio della prima guerra mondiale Soliani progettò per la Navigazione Generale Italiana i transatlantici *Duilio* e *Giulio Cesare*, che, quando furono completati dopo la guerra, costituirono i primi transatlantici italiani capaci di competere con le migliori navi britanniche e tedesche che collegavano le due sponde dell’Oceano Atlantico.

Prima di realizzare la vasca di Spezia furono eseguiti alcuni tentativi di riprodurre le esperienze di Froude. Presso il Cantiere di Castellamare, dove attorno al 1870 era in costruzione la corazzata *Duilio*, su indicazione di Benedetto Brin e ad opera dell’ingegnere del Genio Navale A. Lettieri, furono collegate due vasche per la conservazione del legname ottenendo uno specchio d’acqua della lunghezza di circa 45 m, dove si effettuarono con mezzi di ripiego alcune prove sulla carena del *Duilio*, determinando gli elementi delle alette di rollio. Altri laboratori furono realizzati in Olanda ad opera di Bruno Johannes Tideman, in Francia a Brest, e in Scozia a favore dell’industria privata britannica; ma la prima vasca vera e propria realizzata al di fuori del Regno Unito è stata quella della Spezia.

Benedetto Brin, nel corso del suo secondo mandato come ministro della Marina (1884-1891), decise di costruire una vasca navale per prove sperimentali su modelli nell’ambito della Direzione delle Costruzioni Navali dell’allora nuovissimo Regio Arsenal di Spezia, e diede incarico a Giuseppe Rota, brillantissimo ingegnere, laureato nel 1882 alla Regia Scuola Navale di Genova ed entrato nel 1883 nel corpo del Genio Navale, di seguirne la progettazione e la realizzazione per divenirne poi il primo direttore, incarico che ricoprì dal 1889 al 1899.



Un'immagine di epoca imprecisata riprende, in occasione di una visita di dignitari africani, l'ingresso dell'officina ove era ubicata la vasca navale della Spezia. (Fonte: Marina Militare)

La vasca della Spezia è basata sul progetto della vasca realizzata da Froude a Haslar per l'Ammiragliato britannico, progetto che fu ottenuto grazie ai buoni rapporti fra la Regia Marina e la Royal Navy; anche le apparecchiature per le prove furono acquistate in Gran Bretagna, presso le ditte Munro di Londra e Kelso di Glasgow, che inviarono i loro tecnici di fiducia ing. Ruke e Mr. Prayor per l'installazione e la messa in funzione degli impianti.

Dopo la partenza dei tecnici britannici, sotto la guida del giovane direttore (Rota quando assunse l'incarico non era ancora trentenne), la Vasca iniziò a operare sia per lo sviluppo dei progetti della Regia Marina, sia a favore di cantieri privati italiani costruttori di unità militari e mercantili.

Nei primi anni del '900 l'"Officina per Studi ed Esperienze di Architettura Navale", ubicata in arsenale, comprendeva la vasca vera e propria e l'officina per la costruzione dei modelli. L'officina a sua volta comprendeva

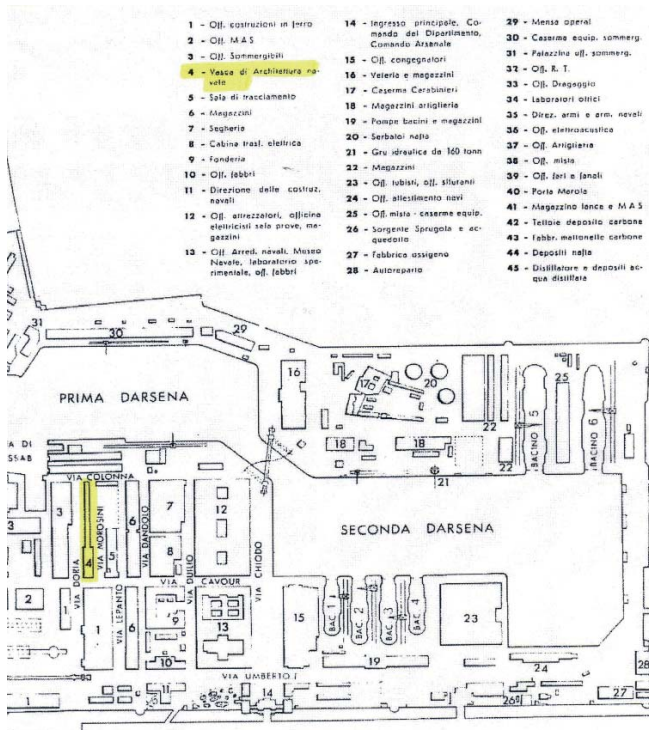
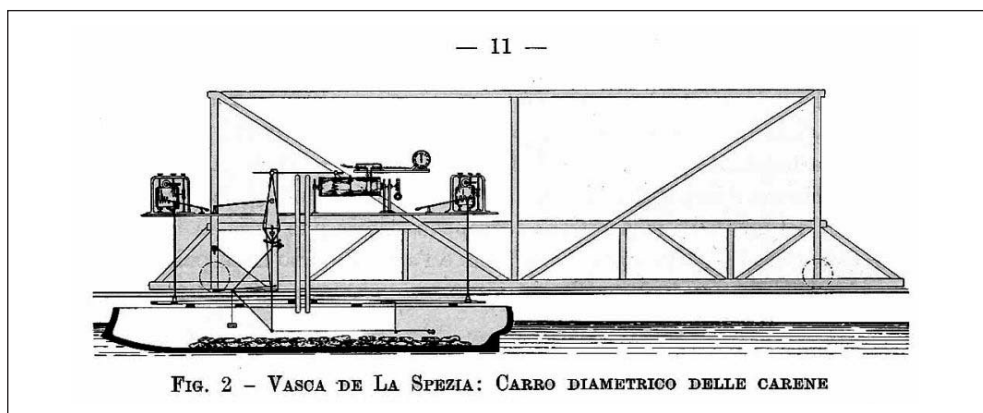


Immagine del carro dinamometrico per le carene della Vasca Navale della Spezia, ripresa nel corso di una prova di modello. (Fonte: Marina Militare)

L'ubicazione della Vasca navale all'interno del Regio Arsenale della Spezia verso la fine degli anni '30 del XX secolo. (Fonte: Marina Militare)



Disegno in vista del carro dinamometrico per le carene della vasca Navale della Spezia. (Dall'Annale numero 1 della Vasca Nazionale per le Esperienze di Architettura Navale di Roma, edito nel 1931)

l'apparecchio per la fusione dei modelli delle carene, realizzati in paraffina a partire da una sagoma grossolana realizzata in legno, e quindi lavorati con precisione mediante un apposito pantografo a coltelli, gli apparecchi per preparare i modelli delle eliche (che venivano anch'essi realizzati e verificati nel laboratorio della vasca) e diverse altre macchine utensili.

La vasca, protetta dalle intemperie da una tettoia, misurava 146 m di lunghezza, 6 di larghezza e 3 di profondità massima, ed era dotata di un carro dinamometrico, in legno Quebec, lungo 8 m e alto 2,20, a cui veniva fissato il modello. Il carro era dotato di dinamometri per registrare la forza di trazione impiegata per far muovere il modello; un altro dinamometro di tipo particolare era impiegato per la prova delle eliche. Il carro era trascinato a velocità costante per tutta la lunghezza della vasca da un cavo d'acciaio mosso da una macchina di trazione situata a un'estremità della vasca stessa, consistente in una motrice a vapore di tipo rotativo capace di rimorchiare il carro fino alla velocità di 5 metri il secondo. Dopo alcuni anni la macchina a vapore fu sostituita da un motore elettrico, che assicurava una maggiore costanza nella velocità.

In quegli stessi anni venne realizzato e installato il "navipendolo Russo" per effettuare esperienze di rollio in mare ondosio. Nel "navipendolo" la nave è rappresentata da un pendolo doppio, con un momento d'inerzia corrispondente a quello della nave, pendolo che oscilla attorno ai punti di tangenza di una camma (solidale con esso e rappresentante la curva dei centri di carena) con un pianerottolo, che rappresenta un elemento di superficie



L'interno del capannone della vasca navale della Spezia. (Fonte: Marina Militare)

dell'onda. Questo pianerottolo può stare fermo (caso di oscillazione della nave in acqua calma) o muoversi secondo una trocoide (caso di oscillazione della nave in acqua mosca).

Il navipendolo venne ideato dall'ingegnere del Genio Navale Gioacchino Russo (1865-1953), poi generale, deputato dal 1919 al 1929, senatore dal 1929 al 1943 e sottosegretario di stato al ministero della Marina dal 1929 al 1933. Russo il 16 ottobre 1898 ottenne una "privativa" per tre anni (brevetto numero 99118) sul navipendolo, prolungata poi per altri tre, con richiesta del 3 settembre 1902.

Russo ideò anche una "vasca per il rollio", dove un modello della nave (dinamicamente e staticamente simile alla nave al vero) rolla liberamente in acqua, animato da un movimento oscillatorio simile a quello dovuto a un'onda prefissata. Le pareti verticali opposte della vasca sono costruite in modo particolare, a deformazione combinata, in modo che il fenomeno avvenga come se la larghezza della vasca fosse indefinita. Sempre a Russo, in collaborazione con il compagno di studi Cesare Laurenti, famoso progetti-



L'officina per la costruzione dei modelli di carena della vasca navale della Spezia; in particolare si nota lo stampo impiegato per la fusione dei modelli in paraffina. (Fonte: Marina Militare)

sta di sommergibili, si deve la realizzazione del “cleptoscopio”, antesignano del moderno periscopio per sommergibili.

Le esperienze alla vasca della Spezia cominciarono nel 1889, dapprima solo per determinare la resistenza al moto delle carene, in seguito anche per lo studio delle eliche. Nello stesso 1889 vengono anche eseguite, ad opera di Rota, prove per riprodurre il moto ondoso in vasca, impiegando una ruota a pale; queste prove non avranno seguito, e le prime prove di quella che oggi si chiama tenuta al mare (in inglese *sea-keeping*) verranno poi effettuate molti anni dopo negli Stati Uniti. Altro argomento studiato da Rota nel suo periodo spezzino è stato il cosiddetto passo effettivo delle eliche.

Le prove di resistenza venivano effettuate sulla base del metodo di Froude, con una metodologia non dissimile da quella impiegata oggi, tranne che per la determinazione della resistenza d'attrito, basata su formule approssimate. Oltre alla metodologia analitica, i calcoli potevano essere eseguiti in

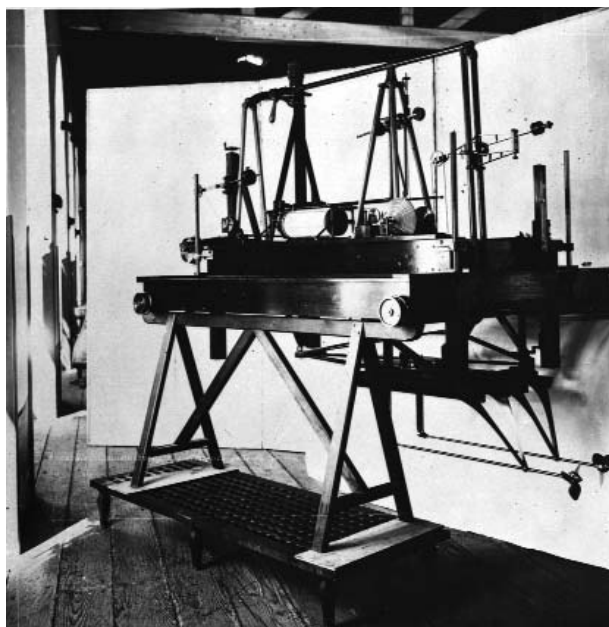


Immagine del dinamometro per le eliche della vasca navale della Spezia. (Fonte: Marina Militare)

sionale “C cerchiato” (impropriamente chiamata “costante” e rappresentativa della resistenza residua) in funzione del “K cerchiato” (altra grandezza semi-adimensionale rappresentativa della velocità).

Anche le prove d’elica isolata non erano molto difformi da quelle effettuate oggi; era stato sviluppato anche un “quadro calcolatore delle eliche” (pubblicato come annale nel 1916) e i risultati erano espressi sotto forma di curve del rendimento e di “S cerchiato” (grandezza rappresentativa della spinta) in funzione di “N cerchiato” (grandezza rappresentativa del numero di giri e molto simile all’avanzo J impiegato nei moderni diagrammi dell’elica isolata). I simboli impiegati per indicare le grandezze citate sono le rispettive lettere maiuscole inscritte in un cerchio; ad esempio il simbolo del “C cerchiato” è ©.

Venivano anche compiute “esperienze con i modelli delle carene e delle eliche assieme accoppiati”, impiegando in una particolare sistemazione sia il dinamometro per la misura della resistenza di carena sia quello per la misura della spinta delle eliche, e interpretandole sulla base dei risultati delle prove di rimorchio della carena e di elica isolata; queste prove sono oggi conosciute come prove di autopropulsione.

maniera speditiva per via grafica, impiegando un opportuno “quadro calcolatore delle carene”. I risultati erano presentati sotto forma di curve della grandezza semi-adimensionale

## Le esperienze compiute alla vasca della Spezia e la documentazione tecnica e scientifica prodotta

I più importanti filoni di studio affrontati nei primi anni di funzionamento della vasca sono stati la resistenza al moto delle carene, il rollio, la resistenza al moto di carene geometricamente simili, le prove di funzionamento dei modelli d'eliche, la stabilità, i rilievi di velocità e potenza nel corso delle prove al vero delle unità navali; tutti questi argomenti sono stati oggetto di memorie tecniche pubblicate da Rota fra il 1890 e il 1899 sotto varie forme (annali, articoli sulla *Rivista Marittima* e su altre riviste d'argomento navale, pubblicazioni dedicate).

Dal 1891, i risultati degli studi e delle esperienze più significative compiuti vennero riportati negli Annali della Vasca di Spezia. Nel 1898 fu anche pubblicato, ad opera di Rota e su disposizione di Benedetto Brin (tornato a fare il ministro della Marina dal 1896 al 1898) un volume organico intitolato *La vasca per le esperienze di Architettura Navale dell'Arsenale di Spezia* in cui sono riportati i fondamenti dell'architettura navale sperimentale, la descrizione degli impianti della vasca e i risultati delle esperienze effettuate.

A titolo d'esempio si riportano i lavori pubblicati su alcuni degli Annali della Vasca:

- L'annale numero 1 del 1891, anticipando in buona parte il contenuto del volume pubblicato da Rota nel 1898, tratta della teoria della resistenza delle carene, della metodologia con cui vengono effettuate le prove sperimentali di resistenza, e delle modalità con cui

Il navipendolo ideato dall'ingegnere del Genio Navale Gioacchino Russo (1865-1953) per effettuare esperienze di rollio in mare ondoso, attualmente custodito all'interno delle strutture dell'Arsenale MM della Spezia. (Foto dell'autore)



sono presentati graficamente i risultati.

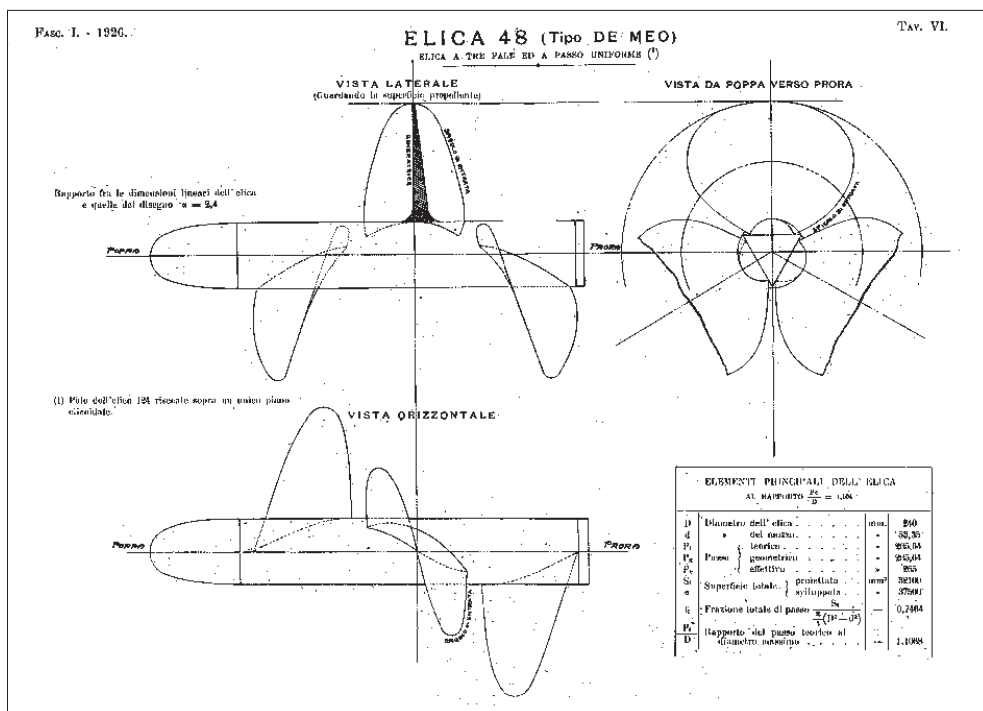
- Nel 1913 vengono pubblicati i risultati delle prove effettuate sulla carena E54, relativa all'esploratore *Quarto*; oltre alle prove di rimorchio furono effettuate esperienze di oscillazione ed esperienze con il "navipendolo del Russo" per verificare l'efficacia delle "casce antirollanti Frahm" e delle "alette di rollio"; questo argomento fu oggetto di articoli e memoria, in particolare da parte di Nino Pecoraro, all'epoca direttore della vasca.

- Nel 1915 viene pubblicato uno studio sulla distribuzione longitudinale della finezza di una carena e il rollio in mare ondoso, valorizzando i risultati di alcune esperienze d'oscillazione effettuate negli anni precedenti.

- Sempre nel 1915 vengono esposti i risultati di ricerche sperimentali con modelli finalizzati a determinare le qualità evolutive di una nave. Si trattava di un argomento teoricamente molto complesso, che era assunto all'attenzione dei progettisti a seguito dell'aumento della lunghezza delle navi da guerra, con conseguente elevata stabilità di rotta. In quegli anni, inoltre, venivano impiegati per la prima volta timoni aventi numero, superficie e disposizione diversi da quelli tradizionali; diveniva quindi necessario prevedere già in fase progettuale quale fosse l'impianto di governo necessario perché la nuova nave avesse una manovrabilità soddisfacente. Per ottenere risultati attendibili venne costruita una "barca modello sperimentale", di dimensioni superiori a quelle dei classici modelli per prove in vasca, dotata di apparecchiature per il rilievo delle caratteristiche d'interesse, e tale barca fu oggetto di una lunga campagna di prove in mare.

- Nel 1926 vennero pubblicati i risultati di una serie d'esperienze effettuate con diversi tipi d'eliche, contraddistinte da geometrie nettamente diverse, tra cui una (tipo De Meo) con le pale sfalsate longitudinalmente in modo da essere poste lungo una superficie elicoidale;

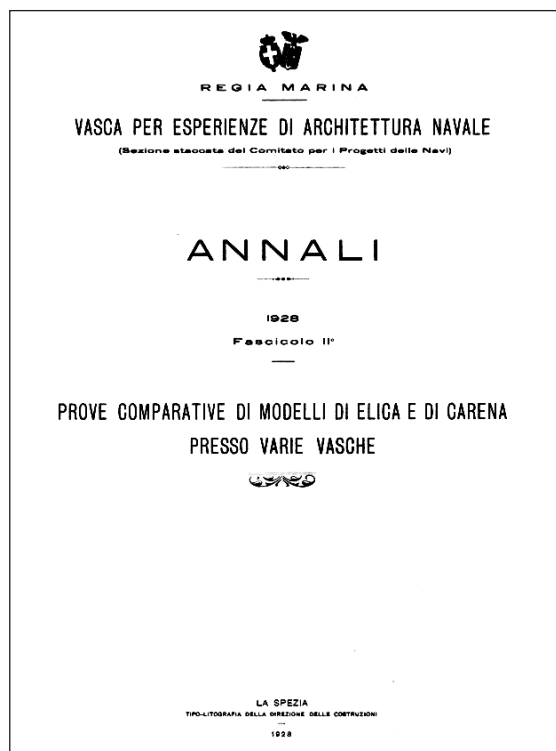
- Nel 1928 vennero pubblicati i risultati di esperienze comparative eseguite con un modello di carena presso le vasche della Spezia, Parigi e Washington, e con un modello d'elica presso le vasche della Spezia, Parigi, Charlottenburg, Vienna e Amburgo. Come si vede già allora, nonostante il carattere militare della maggioranza delle vasche navali esistenti, era stata creata una rete di scambio d'informazioni tra le diverse vasche che avrebbe portato nel 1932 alla nascita dell'ITTC (*International Towing Tank Conference*). Questo in quanto era stata individuata fin dall'inizio la necessità che le diverse vasche si scambiassero i risultati delle prove per aumentare la base statistica su cui erano verificate le formule impiegate per l'analisi delle prove in vasca e calcolati alcuni importanti coefficienti correttivi. Tra le formule basate prevalentemente su dati statistici la più importante è sicuramente la



Schizzo dell'elica tipo De Meo, con le pale sfalsate longitudinalmente in modo da essere poste lungo una superficie elicoidale. (Dall'Annale della Vasca per Esperienze di Architettura navale della Spezia, pubblicato nel 1926 come fascicolo I)

formula per la resistenza d'attrito, modificata più volte proprio dalla ITTC. Tra i coefficienti citiamo come esempio il cosiddetto coefficiente vasca-mare, un coefficiente correttivo d'origine puramente statistico-sperimentale, che si applica ai risultati delle prove in vasca, dopo aver eseguito tutti i calcoli per trasformare i dati rilevati sul modello in previsioni del comportamento della nave al vero. Questo coefficiente, che non ha nessuna giustificazione teorica, tiene semplicemente conto del fatto che la nave non si comporta esattamente come prevede il modello matematico impiegato nella trasposizione vasca-mare, in quanto esso, come tutti i modelli, è solo una rappresentazione semplificata di una realtà molto più complessa.

L'ultimo annale fu pubblicato nel 1934; negli anni seguenti, fino alla seconda guerra mondiale, la pubblicazione degli annali fu interrotta, ufficialmente per il soverchio carico di lavoro cui la vasca fu sottoposta precedentemente e durante il conflitto, in pratica forse anche per il mutato clima politico, più propenso alla segretezza per tutto ciò che aveva attinenza con il



Copertina dell'Annale della Vasca per Esperienze di Architettura navale della Spezia pubblicato nel 1928 come fascicolo II e dedicato alle prove comparative di modelli di elica e di carena presso varie vasche.

mondo militare. I risultati di molte esperienze eseguite fra gli anni '30 e il 1943 sono stati pubblicati dopo la guerra, fra il 1950 e il 1956, ad opera dell'Istituto di Architettura Navale della Commissione Permanente per gli esperimenti sul materiale da guerra (la già citata Mariperman), diretto dal colonnello Amodio, per volere del generale ispettore

del Genio Navale Ignazio Alfano. Direttore della commissione era allora il generale delle Armi Navali Sergio Pellegrini. Sfortunatamente gli annali pubblicati da Mariperman non riportano l'anno di reale esecuzione delle prove né il nome del responsabile della vasca all'epoca della prova. È attualmente in corso un'opera di recupero e digitalizzazione degli annali della Vasca di Spezia da parte dell'Ufficio Architettura Navale dello Stato Maggiore della Marina, con l'obiettivo di renderli fruibili in rete (come già fatto per gli annali del CEIMM).

Interessantissime informazioni sulle esperienze e sulle vicissitudini della vasca navale si trovano anche sui *Bollettini di Maricost*, pubblicazioni periodiche edite dalla "Direzione generale per le costruzioni navali" della Regia Marina a partire dal 1905-1906.

Ad esempio il bollettino relativo all'esercizio 1905-1906 riporta le seguenti esperienze:

1. Esperienze di carene: determinata la resistenza al moto e il lavoro di propulsione sui modelli delle carene seguenti:

- 16 carene, progettate dagli ufficiali superiori del Genio Navale che

presero parte al concorso bandito dal Ministero per il progetto di nave da battaglia di 1<sup>a</sup> classe per combattimento a distanza;

- Carena per nave da blocco, progettata dal colonnello del G.N. Leone Lesti;

- Carena per nave da commercio, progetto del cantiere Navale di Riva Trigoso;

- Carene per cacciatorpediniere Ansaldo (in quattro diverse tipologie: A, B, B accorciato e C);

- Carene per barche automobili a combustione interna, progetti del cantiere navale FIAT San Giorgio;

- Carena a linee geometriche, progetto Gasparini, comparativamente a quelle dei cacciatorpediniere tipo "Nembo".

2. Studio dei bracci portaelica per le navi da battaglia tipo *San Giorgio*. *"Determinata la forma di minima resistenza al moto per i bracci portaeliche delle navi tipo "San Giorgio", mediante prove su modelli di bracci a deformazione, muniti di alette autorientabili. Rilevata l'influenza esercitata dalle eliche a posto, riguardo all'orientamento delle alette costituenti il profilo di detti bracci. Studiata la forma e la posizione di minima resistenza al moto, nel caso di quattro bracci anziché due"*.

3. Esperienze di lubrificazione pneumatica delle carene. *"Esperimentato un modello di carena nelle condizioni proposte dal Professor I. Del Lungo, consistenti nel mantenere un velo d'aria sulla superficie bagnata della carena durante la propulsione, allo scopo di ottenere una riduzione nella resistenza e nel lavoro d'attrito tra la carena e l'acqua"*.

4. Esperienze su eliche, inclusi rilievi e orientamento di eliche al vero in bacino;

5. Prove in mare di apparati motori: registrazione del numero di giri delle macchine motrici nelle prove in mare delle Regie Navi mediante apparecchio "Kelso".

Notiamo come, assieme alle prove finalizzate alla progettazione di nuove navi e sommergibili, venissero compiute esperienze alla vasca su argomenti per l'epoca pionieristici, come la lubrificazione delle carene con aria insufflata, oggetto ancora oggi di ricerca e di alcune isolate applicazioni sperimentali, ma considerata come una metodologia estremamente promettente per ottenere sensibili riduzioni della resistenza all'avanzamento e quindi dei consumi delle unità navali.

Sui bollettini vengono anche riportati i "Conti delle somme liquidate per tasse a rimborso di spese in dipendenza di esperienze eseguite alla Vasca Froude del R. Arsenale di Spezia per conto di privati"; tali somme ammon-

tano a lire 5 701,41 nel 1906-1907, lire 9 311,45 nel 1907-1908 e lire 6 268,96 nel 1908-1909.

Nel 1898, per ordine di Benedetto Brin, fu presentata all'Esposizione Generale Italiana di Torino una vasca sperimentale lunga 25 m, dotata di carrello dinamometrico funzionante, assieme a vari modelli di carene realizzati alla vasca di Spezia, riscuotendo un grandissimo successo sia in Italia sia all'estero. Anche grazie a quest'opera di propaganda tecnica l'armatore tedesco Norddeutscher Lloyd di Brema chiese al ministero della Marina di sperimentare presso la vasca navale di Spezia le carene dei suoi nuovi transatlantici *Kaiser Wilhelm der Grosse* (vincitore nel 1897, anno in cui fu consegnato, del Nastro Azzurro per la più rapida traversata del Nord Atlantico) e *Kaiser Friedrich*; la richiesta fu accolta e le prove eseguite nel 1899. Nel 1900 fu approntata la prima vasca navale tedesca a Bremerhaven e furono ripetute, con la partecipazione di personale italiano, le prove eseguite a Spezia.

Nel 1898-1900, sempre ad opera di Rota (che nel frattempo era stato trasferito a Roma) venne studiata, presso la vasca di Spezia, l'influenza del fondale sulla resistenza al moto; si tratta di un problema ancora oggi d'estrema attualità, e gli studi pubblicati da Rota sull'argomento sono stati per anni un importante riferimento in materia. Nello stesso periodo vengono eseguite esperienze legate alla progettazione delle nuove corazzate veloci classe "Regina Elena", progettate dal colonnello del Genio Navale Vittorio Cuniberti e considerate un ottimo compromesso tra le diverse caratteristiche di velocità, armamento e protezione, anche grazie all'impiego delle più moderne tecnologie nei diversi settori, come i materiali (acciai), le artiglierie, gli impianti di propulsione e, appunto, lo studio e l'ottimizzazione delle forme di scafo e delle eliche mediante prove in vasca.

A Giuseppe Rota succedette, come direttore della Vasca, Angelo Scribanti; il posto fu quindi occupato da altri ufficiali del Genio Navale, tra cui Nino Pecoraro.

Angelo Scribanti (1868-1926) fu autore di molti studi in diversi settori dell'ingegneria navale (sui planimetri a scuri e a lunule, sul varo delle navi, sulle paratie stagne, sulla vasca Froude, sull'impostazione dei progetti delle navi, su carene diritte e inclinate, su eliche, scafi, sul rollio, ecc.) e, dopo una brillante carriera nel corpo del Genio Navale, vinse il concorso per la cattedra d'architettura navale presso la Regia Scuola Superiore Navale di Genova, dove insegnò per 26 anni (dal 1900) e della quale fu direttore per 19 anni (dal 1906). Ideò nel 1912-1913 il trasferimento della scuola presso una nuova sede, prevedendo anche la costruzione di una vasca navale della

lunghezza di 150 m e larga 5; il trasferimento e la costruzione della vasca non ebbero mai luogo a causa dello scoppio della prima guerra mondiale e, sempre sotto la direzione dello Scribanti, la scuola si trasferì nel 1921 dalla sede dell'ex palazzo dell'Ammiragliato (rimasto libero nel 1871 a seguito del trasferimento del primo dipartimento da Genova alla Spezia e occupato dalla Regia Scuola a partire dal 1874) alla nuova sede di Villa Cambiaso, ancora oggi sede del dipartimento che, nell'ambito della facoltà d'ingegneria dell'Università di Genova (oggi Scuola Politecnica), si occupa d'ingegneria navale. La Regia Scuola Superiore Navale era stata fondata, per impulso di Benedetto Brin, nel 1870 allo scopo di formare gli ingegneri del Genio Navale e dei cantieri civili che avrebbero dovuto realizzare le moderne unità navali militari e mercantili del neonato Regno d'Italia.

Nino Pecoraro fu autore di numerosi interessanti studi (pubblicati sia come annali della vasca che come articoli della *Rivista Marittima* e come interventi ai congressi d'ingegneria navale) sulle casse di rollio, sulle qualità evolutive delle navi, sulle eliche, sugli esperimenti con modelli, ecc.

Nel 1909 Giuseppe Rota, rientrato presso l'arsenale della Spezia come direttore delle costruzioni navali (da cui dipendeva anche l'attività della vasca) compì alcune interessanti esperienze presso la vasca sull'uso delle eliche controrotanti, un sistema di propulsione particolarmente complesso e ancora oggi impiegato, in particolare per i siluri, che debbono conciliare il ridotto diametro con l'elevata velocità.

La vasca navale spezzina raggiunse un ottimo livello d'attendibilità per l'esecuzione delle prove di rimorchio, autopropulsione ed elica isolata, e presso di essa vennero provate non solo tutte le nuove navi e sommergibili della Regia Marina, ma anche varie unità mercantili nazionali ed estere, e militari estere, dietro autorizzazione del Ministero della Marina; in particolare nei primi anni furono provati alcuni incrociatori per la Germania e l'Impero Austro-ungarico (erano gli anni della triplice alleanza fra Austria, Germania e Italia) e altre navi militari progettate in Italia per le Marine di stati esteri (Spagna, Argentina e Brasile).

Attorno alla nuova vasca si sviluppò un'intensa attività scientifica, che ne fece il centro degli studi d'Architettura Navale in Italia; numerosi ufficiali del Genio Navale legarono il loro nome all'attività dell'impianto, e i loro lavori sono stati per anni citati nelle bibliografie di libri italiani e stranieri.

## I grandi congressi d'ingegneria navale del 1911 e 1912

Nel 1895 veniva fondato in Genova il Collegio degli ingegneri navali italiani. Attorno al 1908-1909, quando ne divenne presidente l'onorevole Salvatore Orlando, il collegio degli ingegneri navali italiani assunse veste e importanza scientifica di tutto rilievo, raggiungendo con i congressi del 1911 e del 1912 il livello dei migliori istituti stranieri analoghi, quali l'*Institution of Naval Architects* britannico, l'*Association Théchnique Maritime* francese, la *Society of Naval Eginers* statunitense, la *Schiffhautechnische Gesellschaft* tedesca. I congressi furono considerati un successo, sia per il numero sia per la qualità delle memorie presentate, per l'autorevolezza dei tecnici intervenuti, per le dotte discussioni, come si può ancora oggi rilevare dalla lettura della raccolta degli atti del Congresso e dagli echi che i congressi hanno avuto sulla stampa specializzata e non (*Rivista Marittima*, *Lega Navale*, *Il Lavoro-Gazzetta della Spezia*, *Il comune*, *Corriere della Spezia*, ecc.).

Nel novembre 1911 venne tenuto a Roma, presso la sala dei Sabini, sede del "Collegio degli ingegneri ed architetti italiani" il "Primo Congresso degli ingegneri navali e meccanici italiani". Fra gli argomenti discussi molti avevano attinenza con le attività della Vasca. In particolare il professor Scribanti, direttore della Scuola Superiore Navale di Genova, presentò una memoria "Sullo studio sperimentale della resistenza di carena", in cui, sulla base dei risultati delle prove di carena eseguite presso la vasca della Spezia, stimò che, a seguito della possibilità di effettuare prove in vasca, si fosse ottenuto un miglioramento (oggi diremmo un'ottimizzazione) delle forme di carena stesse, con un guadagno in termini di potenza degli apparati motori a parità di velocità stimabile in circa il 50%; un ulteriore guadagno, seppur inferiore, era stato ottenuto con il miglioramento delle forme delle eliche.

Il colonnello Rota presentò invece una memoria "Sul lavoro della vasca per le esperienze con i modelli nel R. Arsenale di Spezia dal 1889 al 1910", riassumendo quindi il lavoro di più due decenni di sperimentazione in vasca. Nella discussione seguita alla lettura, dopo un plauso all'autore, venne evidenziato il debito di riconoscenza che l'Italia aveva verso la Gran Bretagna per il contributo dato alla progettazione della Vasca di Spezia, e si parlò anche della cavitazione delle eliche e degli studi fatti al riguardo in vasca. Il congresso successivamente approvò due ordini del giorno, il primo dei quali relativo all'opportunità che in generale tutte le ricerche sperimentali fossero portate a conoscenza del pubblico: "Il congresso, convinto della necessità che, per il progresso della cultura professionale navale in Italia, si possa fruire degli studi e dei risultati delle investigazioni sperimentali eseguite dalla Regia Mari-

na nei Regi Arsenali, ritiene utile che il Ministero consenta la pubblicità di quelle di carattere non assolutamente riservato". Il secondo ordine del giorno approvato recitava: "Il congresso fa voti perché, con il contributo di Amministrazioni pubbliche e dell'industria navale, si addivenga presso la Regia Scuola navale superiore di Genova, alla istituzione e all'esercizio di una vasca di sperimentazione ad uso dei privati, e dà mandato al professore Scribanti di riferire nel prossimo congresso sull'esito delle trattative che all'uopo saranno state avviate". Come si vede, si manifestava già l'insufficienza di una sola vasca navale per l'effettuazione di tutte le esperienze d'architettura navali legate agli studi e alle attività progettuali.

Nonostante la riunione di Roma si fosse chiusa con un ordine del giorno che deliberava che "a sede delle riunioni annuali fosse mantenuta normalmente la sede di Roma", la "Seconda riunione annuale degli ingegneri navali e meccanici in Italia" venne tenuta alla Spezia il 21, 22 e 23 dicembre 1912. Il periodico spezzino *Il comune* nel numero del 21 dicembre 1912 così riportava la notizia: "Attualmente il Collegio degli ingegneri navali italiani è costituito da alcune centinaia di tecnici e diretto da un consiglio così formato: Onorevole Salvatore Orlando, Presidente; cav. Uff. De Marini Carlo e comm. Angelo Carini, vicepresidenti; cav. Luigi Barberis, cav. Filippo Bonfiglietti, cav. Cesare Laurenti, cav. Prof. Ettore Mengoli, prof. Ezio Moriondo, cav. Prof. Angelo Scribanti, consiglieri; prof. Domenico Silvio Chiozza, consigliere segretario; prof. Luigi Ghiradi, consigliere cassiere. Il Collegio degli Ingegneri Navali Italiani ha scelto La Spezia quale sede del suo congresso nell'intendimento di rendere omaggio al Centro dell'Ingegneria Navale Militare d'Italia. La Spezia – che all'ingegneria navale deve tutta la sua vita – è conscia e grata dell'onore altissimo che le vien reso in siffatta guisa, è felice di ospitare una così nobile accolta di eletti ingegneri, è certa che il presente Congresso varrà ad attestare la superiorità scientifica del nostro paese. Con questi sentimenti Il Comune rivolge agli ospiti congressisti un deferente saluto, a nome dell'intera cittadinanza".

La riunione fu aperta dal tenente generale Giuseppe Valsecchi, capo del corpo del Genio Navale e presidente del Comitato per i Progetti delle Navi, e dal presidente del collegio, onorevole Salvatore Orlando. Fra i relatori Vittorio Cuniberti (che presentò una memoria sulla "deficienza di protezione dei dreadnoughts", ma non poté partecipare; la sua memoria fu letta dal segretario del congresso, ingegner Chiazza), Giuseppe Rota (che per una volta non trattò di esperienze alla vasca, ma della "disposizione dell'apparato motore nelle navi da guerra"), Angelo Scribanti (autore della memoria "Pontoni e barconi portuali in legno", anch'egli non partecipò di persona al convegno), Mario Gleyeses ("Le variazioni di stabilità di una nave in relazione ad



L'annuncio, sul periodico locale *Il Comune*, del Secondo Congresso degli Ingegneri Navali Italiani, tenutosi alla Spezia il 21, 22 e 23 dicembre 1912.

una nuova proprietà dei metacentri”), Cesare Laurenti (“Lo stato odierno dei motori a combustione”), Alessandro Guidoni (“L’aviazione marina e gli idrovolanti”) e molti altri nomi celebri dell’ingegneria navale italiana e della nascente ingegneria aeronautica.

Per quanto riguarda l’attività della vasca, l’allora maggiore del Genio Navale (e direttore della vasca della Spezia) Nino Pecoraro trattò della “Azione delle casse antirollanti Frahm studiata su modelli di navi”, descrivendo le esperienze effettuate alla vasca sulle casse per lo smorzamento del rollio a “U” proposte dal tedesco Frahm pochi anni prima. Le esperienze fatte erano di due tipi: esperienze su modelli per verificare l’azione delle casse in acqua tranquilla, ed esperienze con il “navipendolo del Russo” per accertare il comportamento delle casse con rollio in moto ondoso. Furono anche paragonate l’efficacia delle casse Frahm e quella delle alette di rollio. I risultati hanno confermato l’efficacia delle casse Frahm e la loro superiorità rispetto alle alette di rollio e ad altri dispositivi antirollanti; la memoria si chiudeva quindi con l’auspicio della loro estesa applicazione, specialmente alle navi da guerra, per le quali la tranquillità della piattaforma ha una speciale importanza nell’esecuzione del tiro. La relazione del Pecoraro ha incontrato il plauso del Congresso, che ha espresso l’auspicio che il ministero della Marina incoraggi tale genere di studi, dando sempre maggiore importanza ai suoi laboratori sperimentali, e in particolare alla vasca navale.

Dopo i congressi del 1911 e del 1912 se ne tennero altri, che però ebbero tono minore, fino allo scioglimento del Collegio, a seguito del nuovo regime corporativo, nel 1925; ad esempio nel dicembre 1922 si tenne a Palazzo San Giorgio, a Genova, un “Congresso degli Ingegneri Navali e Meccanici” e il 27, 28 e 29 marzo 1940, nonostante lo scioglimento del colle-

gio, si tenne, presso la Vasca Navale Nazionale di Roma, il “VII Congresso degli ingegneri navali e meccanici”.

Il Collegio degli Ingegneri Navali e Meccanici Italiani si ricostituì, dopo la seconda guerra mondiale, nel 1946 a Genova. Scopi istituzionali dell'Associazione furono la tutela di categoria degli iscritti e il comportamento etico nella professione. Il Collegio istituì a Genova l'Associazione Italiana di Tecnica Navale, A.TE.NA., il 28 febbraio 1948 e il 26 dicembre ne fu eletto il consiglio direttivo. Il Collegio e l'A.TE.NA. promossero il primo Convegno Nazionale, tenuto a Genova nel 1948, con il tema “Le navi Liberty e T2”. A questo primo convegno ne seguirono numerosi altri, e nel 1971 fu tenuto, per la prima volta, a Trieste un Convegno Nazionale di Tecnica Navale promosso solo dall'ATENA. Il Collegio degli Ingegneri Navali, dal quale l'ATENA era nata, aveva, infatti, cessato di esistere alla fine degli anni '60 poiché i suoi scopi statutari erano stati assorbiti dall'Ordine degli Ingegneri. In particolare nel 1984 è iniziata a Venezia la serie dei NAV, prestigiosi convegni nazionali e internazionali dedicati alla tecnologia navale, svoltisi da allora regolarmente con cadenza inizialmente biennale e poi triennale. La sedicesima edizione (NAV 2009) si è tenuta a Messina nel novembre 2009 e la diciassettesima (NAV 2012) a Napoli a ottobre 2012.

### **La nascita della vasca navale di Roma e la fine della vasca della Spezia**

Tra il 1915 e il 1917 la Vasca divenne “Reparto autonomo per studi ed esperienze di Architettura Navale”, cessando quindi di dipendere dalla Direzione delle Costruzioni navali dell'Arsenale. Dopo essere tornata per un breve periodo, nel 1924, alla vecchia dipendenza dall'arsenale, divenne sezione staccata del Comitato per i Progetti delle Navi. Direttori della Vasca in quegli anni furono gli ufficiali del Genio Navale A. Farina e poi A. Figari. Gli annali persero la loro caratteristica di piccolo trattato scientifico, dove erano riportate considerazioni teoriche sulle esperienze eseguite e divennero la semplice, seppur sempre interessante, presentazione dei risultati delle esperienze eseguite; parimenti si diradarono le pubblicazioni sulla *Rivista Marittima* d'articoli attinenti l'Architettura Navale.

Il r.d.l. del 23 giugno 1927 n. 1429 istituisce, come ente autonomo, la “Vasca Nazionale per le Esperienze di Architettura Navale” basata a Roma; la denominazione dell'ente verrà modificata con il r.d.l. del 24 maggio 1946 n. 530 in INSEAN (Istituto Nazionale per gli Studi ed Esperienze di Architettura Navale). Dal 1929 (anno d'inaugurazione della vasca) alla vasca del-



Immagine della Vasca per esperienze idrodinamiche di Roma, presso Porta San Paolo. (Dall'Annale numero 1 della Vasca Nazionale per le Esperienze di Architettura Navale di Roma, edito nel 1931)

la Regia Marina si affiancò quindi la Vasca Navale di Roma, ubicata in zona San Paolo, in quella che è ancora oggi chiamata “Via della Vasca Navale” e avente dimensioni maggiori della vasca di Spezia (lunghezza 275 m, larghezza 12,5 e profondità massima 6,3). Negli ultimi anni, infatti, la vasca di Spezia non riusciva più a soddisfare le richieste sempre più numerose che le pervenivano dai cantieri navali e dagli armatori italiani, i quali erano spesso costretti a rivolgersi alle vasche estere. Nello stesso tempo il progresso della tecnica consigliava di impiegare vasche di maggiori dimensioni e attrezzatura sperimentale di tipo più moderno.

Ideatore della Vasca Navale di Roma, propugnatore della costituzione dell'INSEAN e suo primo presidente (dal 1927 al 1945) fu il generale ispettore Giuseppe Rota, già primo direttore della vasca della Spezia, nel frattempo congedato dalla Regia Marina per limiti d'età e nominato senatore del Regno.

Con la creazione dell'INSEAN si accentuò la connotazione militare della vasca della Spezia. Anche la produzione degli annali, come abbiamo det-



Immagine dei resti della Vasca Navale dell'Arsenale della Spezia nel 1945, dopo la fine della seconda guerra mondiale. (Fonte: Marina Militare)

to, si arresta al 1934, ma nello stesso tempo inizia la produzione degli annali della vasca di Roma, privi di vincoli di riservatezza e destinati fin dall'inizio alla diffusione, in particolare presso le vasche navali delle altre nazioni. Il primo dei nuovi annali dell'INSEAN uscì nel 1931.

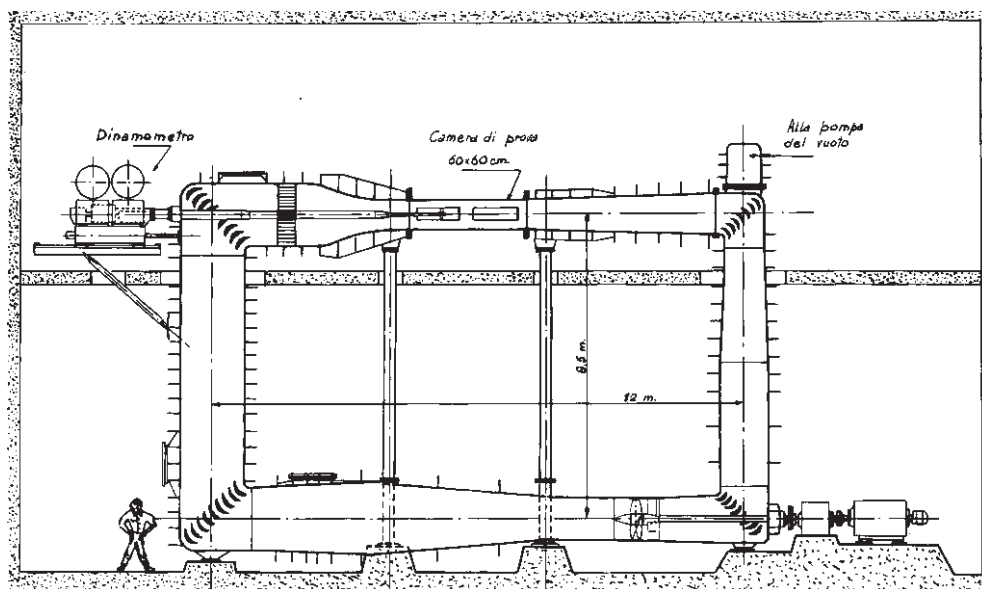
La Vasca di Spezia venne quindi alleggerita dell'attività di prova delle carene per navi mercantili per dedicarsi alle sole unità militari. Fu sottoposta a importanti lavori di rinnovamento (sopraelevazione e prolungamento nel 1928-1929, nuovi impianti nel 1930), ma fu distrutta dai bombardamenti aerei durante la seconda guerra mondiale; in particolare l'attività cessò con il bombardamento del 17 aprile 1943. Subito dopo la guerra, l'edificio della vasca era riportato fra quelli "completamente distrutti". L'area dove una volta sorgeva la vasca è oggi occupata in parte da un magazzino per materiale d'impiego navale e in parte è stata messa a disposizione delle diverse ditte che lavorano in arsenale.

Nel dopoguerra la Marina Militare, anche sulla base delle restrizioni alle nuove costruzioni imposte dal trattato di pace, decise di rinunciare a gestire



Vista dall'alto delle infrastrutture di prova della Vasca Navale di Roma nell'attuale sede di Vallerano. (Fonte: sito internet dell'INSEAN-CNR)

direttamente una vasca navale, costruendo e gestendo invece in proprio il CEIMM e finanziando la costruzione di un nuovo Centro d'Idrodinamica dell'INSEAN. La vecchia vasca di San Paolo era, infatti, dopo la seconda guerra mondiale, in grado di svolgere un'attività limitata (sfruttando la zona in corrispondenza della testata Est) a causa del cedimento delle fondamenta e dell'anzianità delle attrezzature. Gli studi per il trasferimento alla nuova sede, la cui ubicazione, dopo lunghi studi, fu individuata in Castel di Decima (con accesso da Via di Vallerano, alla periferia sud di Roma, nei pressi della Via Pontina), furono compiuti sotto la direzione del secondo presidente dell'INSEAN, il generale del Genio Navale Umberto Pugliese. A causa delle difficoltà economiche del periodo, i fondi per la realizzazione dei nuovi impianti furono stanziati dal governo solo nel 1960, grazie all'intervento decisivo della Marina Militare, che ottenne (legge 27/11/1960, n. 1519) di far gravare l'intero onere della spesa sul bilancio del ministero della Difesa. Il generale Pugliese si dimise dall'incarico di presidente dell'INSEAN per motivi di salute nel giugno 1961, e dopo pochi giorni morì, senza aver potuto vedere concretizzarsi il frutto del proprio lavoro. I lavori di costruzione della nuova sede dell'INSEAN (che comprende due bacini rettilinei di prova, costruiti ex-novo e ancora oggi tra i più grandi al mondo) ebbero, infatti, avvio nel 1964, tre anni dopo la morte di Pugliese. Le prime corse presso



Schema generale del tunnel di cavitazione del Centro per Esperienze Idrodinamiche della Marina Militare. (Fonte: Marina Militare)

il bacino Numero 1 del nuovo centro in fase d'allestimento si tennero nel novembre del 1973, e nel gennaio 1974 cessò l'attività della vecchia vasca di zona San Paolo

Il CEIMM (Centro per le Esperienze Idrodinamiche della Marina Militare), i cui lavori terminarono nel 1963 e che fu inaugurato il 5 febbraio 1964, è dotato di un tunnel di cavitazione, struttura sperimentale dedicata allo studio della cavitazione delle eliche, fenomeno particolarmente importante per le navi militari in quanto legato al rumore irradiato in mare.

Il generale Isacco Umberto Pugliese (Alessandria 1880-Sorrento 1961) entrò in Accademia Navale nel 1893 all'età di 13 anni. All'epoca Benedetto Brin era ministro degli Esteri e Simone di Saint Bon ministro della Marina. Nel 1901 conseguì la laurea in ingegneria navale presso la Regia Scuola Superiore Navale di Genova ed entrò nel corpo del Genio Navale. Dal 1912 al 1923 venne destinato presso il Comitato Progetti Navi, dove partecipò al progetto delle *superdreadnought* classe "Caracciolo" e concepì i "cilindri assorbitori", un efficace sistema di protezione dalle esplosioni subacquee (mine e siluri). Dal 1923 al 1930 fu destinato presso l'arsenale della Spezia; dal 1930 al 1935 fu direttore generale delle costruzioni navali e meccaniche del ministero della Marina, dal 1935 al 1938 presidente del Comitato Progetti



Immagine della strumentazione di comando e rilievo dati del tunnel di cavitazione del Centro per Esperienze Idrodinamiche della Marina Militare nel 1963. (Fonte: Marina Militare)

Navi e capo di corpo del Genio Navale. Progettò le corazzate classe “Vittorio Veneto”, considerate fra le migliori dell’epoca per l’equilibrio fra le varie caratteristiche. Fu anche presidente del Reparto Ingegneria Navale del Consiglio Nazionale delle Ricerche e punto di riferimento degli enti di ricerca italiani per le attività navali. Venne “epurato” nel 1938 in quanto d’origine ebraica, e costretto a lasciare il servizio e tutte le sue cariche, ma fu poi richiamato in servizio nel novembre 1940 dopo il disastro di Taranto. Alla sua morte ha costituito, per lascito, una fondazione destinata a conferire premi per la formazione di ufficiali del Genio Navale specializzati in Architettura Navale.

Finiva così, con la seconda guerra mondiale, l’avventura della Vasca Navale della Spezia, ma non il ruolo centrale della Marina Militare, e più in particolare degli ufficiali del Genio Navale, per lo sviluppo dell’Architettura Navale in Italia. Ricordiamo, solo a titolo d’esempio, i 21 volumi degli annuali pubblicati dal CEIMM fra il 1964 e il 2012 (cui si aggiunge un primo annale, pubblicato nel 1963 dall’Ufficio Architettura Navale del Comitato

Progetti Navi, in quanto il CEIMM non era ancora stato costituito), relativi a diversi argomenti d'architettura navale, principalmente, ma non solo, relativi allo studio delle eliche. In particolare, a dimostrazione del continuo impegno degli ufficiali del Genio Navale nel settore dell'Architettura Navale, dopo una pausa di 20 anni, nel 2012 è stato pubblicato l'annale numero 22, dedicato al progetto della nuova elica di nave *Vespucci*.<sup>(\*)</sup>

---

(\*) Si ringraziano: la signora Loredana Rapallini; il cap. vasc. Francesco Loriga; il cap. vasc. del Genio Navale Alessandro Cesareo e il cap. freg. del Genio Navale Domenico Guadalupi; il cap. corv. delle Armi Navali Fausto Cutillo; il cap. vasc. del Genio Navale (in congedo) Ilario Ratti; il ten. vasc. del Genio Navale Fabrizio Viotti; il funzionario tecnico Fabio Nalon; il signor Andrea Pavan; l'ammiraglio ispettore capo del Genio Navale (in congedo) Lucio Accardo; mia moglie Rossana.

## ELENCO DEGLI ANNALI DELLA VASCA DELLA SPEZIA

PREMESSA: La Vasca della Spezia non ha numerato gli annali in ordine progressivo. La numerazione degli annali adottata è stata desunta dall'indice riportato come supplemento dell'annale 124 edito dalla Commissione Permanente. Solo a partire dal 1952 (annale 127) gli annali, sempre editi dalla Commissione Permanente, sono numerati. Per i numeri dei quali è stata reperita una copia, sono riportati tutti i dati riportati sulla copertina; per gli altri numeri sono stati riportati i soli dati desunti dal citato indice.

Al termine di ogni annale è riportata una nota che indica se e dove ne è presente una copia:

(1): Annale presente in forma cartacea presso l'Archivio dell'Ufficio Architettura navale del 7° Reparto SPMM (Studi, Progetti, Mezzi e Materiali) dello Stato Maggiore della Marina.

(2): Annale presente in formato elettronico (pdf) presso l'Archivio Tecnico Elettronico del 7° Reparto SPMM (Studi, Progetti, Mezzi e Materiali) dello Stato Maggiore della Marina.

(3): Annale presente in forma cartacea presso la biblioteca del CSSN (Centro di Supporto e Sperimentazione Navale) della Spezia.

(4): Annale del quale non è stata reperita nessuna copia.

### ELENCO

- 1. Primo Dipartimento Marittimo – Direzione delle Costruzioni navali – Annali dell'Officina per le esperienze di Architettura Navale – 1891 – fascicolo I – cenni sulla resistenza delle carene – esperienze con i modelli – sistemi in uso per rappresentarne graficamente i risultati – La Spezia 1905<sup>(1) (2)</sup>

- 2. 1891 – fascicolo II – “Esperienze sulla resistenza della carena tipo Re Umberto”<sup>(4)</sup>

- 3. 1891 – fascicolo III – “Esperienze sulla resistenza della carena tipo Lepanto”<sup>(4)</sup>

- 4. 1891 – fascicolo IV – “Esperienze sulla resistenza della carena tipo O N. 1”<sup>(4)</sup>

- 5. 1891 – fascicolo V – “Esperienze sulla resistenza della carena tipo O N. 2”<sup>(4)</sup>

- 6. 1891 – fascicolo VI – “Esperienze sulla resistenza della carena tipo O N. 3”<sup>(4)</sup>
- 7. 1891 – fascicolo VII – “Esperienze sulla resistenza della carena tipo O N. 4”<sup>(4)</sup>
- 8. 1891 – fascicolo VIII – “Esperienze sulla resistenza della carena tipo Nave da guerra di prima classe”<sup>(4)</sup>
- 9. 1891 – fascicolo IX – “Esperienze sulla resistenza della carena tipo Nave da crociera”<sup>(4)</sup>
- 10. 1891 – fascicolo X – “Esperienze sulla resistenza della carena tipo Fieramosca”<sup>(4)</sup>
- 11. 1891 – fascicolo XI – “Confronto di navi aventi carene simili a quelle dei tipi: Re Umberto, Lepanto, O N. 1, O N. 2, O N. 3, O N. 4, Nave da guerra di prima classe, nave da crociera e Fieramosca”<sup>(4)</sup>
- 12. 1891 – fascicolo XII – “Esperienze sulla resistenza della carena tipo Vesuvio”<sup>(4)</sup>
- 13. 1892 – fascicolo I – “Norme per l’impiego dell’apparecchio Kelso durante le prove di velocità delle navi”<sup>(4)</sup>
- 14. 1892 – fascicolo II – “Esperienze sulla resistenza della carena tipo Dogali”<sup>(4)</sup>
- 15. 1892 – fascicolo III – “Esperienze sulla resistenza della carena tipo Folgore e Saetta”<sup>(4)</sup>
- 16. 1892 – fascicolo IV – “Esperienze sulla resistenza della carena tipo Tripoli”<sup>(4)</sup>
- 17. 1892 – fascicolo V – “Esperienze sulla resistenza della carena tipo Confienza”<sup>(4)</sup>
- 18. 1892 – fascicolo VI – “Esperienze sulla resistenza della carena tipo Partenope”<sup>(4)</sup>
- 19. Primo Dipartimento Marittimo – Direzione delle Costruzioni navali – Annali dell’Officina per le esperienze di Architettura Navale – 1892 – fascicolo VII – “Nave Lombardia e determinazione grafica delle linee FCE per navi di forme simili” – La Spezia, 1905<sup>(1)</sup>
- 20. 1892 – fascicolo VIII – “Confronti fra diverse sagome di carene di navi sottili (Dogali, Folgore, Tripoli, Confienza, Partenope e Lombardia)”<sup>(1)</sup>
- 21. 1892 – fascicolo IX – “Esperienze sulla resistenza della carena tipo Torpediniera Schichau”<sup>(4)</sup>

- 22. 1892 – fascicolo X – “Esperienze sulla resistenza della carena tipo Torpediniera Aquila”<sup>(4)</sup>
- 23. 1892 – fascicolo XI – “Esperienze sulla resistenza della carena tipo Torpediniera protetta N. 1”<sup>(4)</sup>
- 24. 1892 – fascicolo XII – “Diagrammi particolari di alcuni tipi di carene (Torpediniera d’alto mare tipo Schichau – Torpediniera avviso tipo Aquila – Torpediniera protetta – Re Umberto – Tipo O N.1, N.2, N.3 e N.4 – nave da guerra di 1<sup>a</sup> classe – nave da crociera – Incrociatore Fieramosca e Vesuvio”<sup>(4)</sup>
- 25. 1893 – fascicolo I – “Esperienze con i modelli delle carene tipo Castelfidardo, Nave da guerra di 1<sup>a</sup> classe, Incrociatore corazzato N. 1 (Carlo Alberto, Vettor Pisani e incrociatore corazzato N. 2 (Garibaldi e Varese)”<sup>(4)</sup>
- 26. 1893 – fascicolo II – “Esperienze con i modelli delle carene tipo Marco Polo, Piemonte e Liguria”<sup>(4)</sup>
- 27. 1893 – fascicolo III – “Esperienze con i modelli delle carene tipo Calabria, Governolo e Incrociatore Corazzato N. 3”<sup>(4)</sup>
- 28. 1894 – fascicolo I – “Generalità intorno alle esperienze con i modelli delle eliche – Apparato dinamometrico – Apparato per la misura del lavoro assorbito dagli attriti – Diagrammi relativi alla efficienza delle eliche – Esperienze di rimorchio e di propulsione della Nave Sardegna”<sup>(4)</sup>
- 29. 1894 – fascicolo II – “Esperienze di rimorchio con i modelli delle carene della nave da guerra di 1<sup>a</sup> classe Saint-Bon e dell’Incrociatore Cristoforo Colombo”<sup>(4)</sup>
- 30. 1894 – fascicolo III – “Esperienze di rimorchio e di oscillazione col modello della carena tipo Andrea Doria con e senza alette di rullo”<sup>(4)</sup>
- 31. 1894 – fascicolo IV – “Esperienze di rimorchio con i modelli delle carene di Torpediniere d’alto mare”<sup>(4)</sup>
- 32. 1895 – fascicolo I – “Esperienze di rimorchio con i modelli delle carene di caccia-Torpediniere (sagome N. 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 e 10)”<sup>(4)</sup>
- 33. Primo Dipartimento Marittimo – Direzione delle Costruzioni navali – Annali dell’Officina per le esperienze di Architettura Navale – 1895 – fascicolo II – “Esperimenti con modelli di carene dei piroscafi della società generale di navigazione italiana ‘Cristoforo Colombo’ e

- 'Ignazio Florio' Progetti Odero e Orlando" – La Spezia, 1905<sup>(1)</sup>
- 34. 1895 – fascicolo III – “Esperienze di rimorchio con i modelli delle carene degli incrociatori Austro-Ungarici N. 1 e N. 2”<sup>(4)</sup>
  - 35. 1895 – fascicolo IV – “Esperienze di propulsione con modelli di carene per i suddetti Incrociatori Austro-Ungarici”<sup>(4)</sup>
  - 36. 1896 – fascicolo I – “Esperienze di oscillazione e di rimorchio eseguite col modello della R.N. Sardegna con e senza alette di rollio”<sup>(4)</sup>
  - 37. 1896 – fascicolo II – “Esperienze sulla resistenza delle carene di alcuni tipi di navi mercantili”<sup>(4)</sup>
  - 38. 1896 – fascicolo III – “Esperienze propulsione con modelli di eliche per navi tipo Carlo Alberto”<sup>(4)</sup>
  - 39. Primo Dipartimento Marittimo – Direzione delle Costruzioni navali – Annali dell'Officina per le esperienze di Architettura Navale – 1897 – fascicolo I – “Esperienza sulla resistenza delle carene alcuni tipi di navi ‘Caccia torpediniere’” – La Spezia, 1898<sup>(1)</sup>
  - 40. Primo Dipartimento Marittimo – Direzione delle Costruzioni navali – Annali dell'Officina per le esperienze di Architettura Navale – 1897 – fascicolo II – “Esperienza sulla resistenza delle carene alcuni tipi di navi “torpediniere d'alto mare da 30 nodi”” – La Spezia, 1899<sup>(1)</sup>
  - 41. Primo Dipartimento Marittimo – Direzione delle Costruzioni navali – Annali dell'Officina per le esperienze di Architettura Navale – 1898– fascicolo I – “Esperienze con i modelli delle carene della nave portoghese Adamastor, di Incrociatori Corazzati e delle Navi da Battaglia di 6<sup>a</sup> classe N. 1, 3, 4 e 7” – La Spezia, 1899<sup>(1)</sup>
  - 42. Primo Dipartimento Marittimo – Direzione delle Costruzioni navali – Annali dell'Officina per le esperienze di Architettura Navale – 1898 – fascicolo II – “Esperienze con modelli di carene di alcuni tipi di Piroscafi e di un rimorchiatore d'alto mare” – La Spezia, 1899<sup>(1)</sup>
  - 43. Primo Dipartimento Marittimo – Direzione delle Costruzioni navali – Annali dell'Officina per le esperienze di Architettura Navale – 1898 – fascicolo III – “Esperienze con modelli di carene di alcuni tipi di Piroscafi” – La Spezia, 1899<sup>(1)</sup>
  - 44. Direzione delle Costruzioni navali del Primo Dipartimento Marittimo – Annali dell'Officina per le esperienze di Architettura Navale – 1899 – fascicolo I – “Esperienze con modelli di carene ed eliche dei grandi piroscafi transatlantici Kaiser Friedrich – Kaiser Wilhelm Der

Grosse” – La Spezia, 1900<sup>(1)</sup>

- 45. Direzione delle Costruzioni navali del Primo Dipartimento Marittimo – Annali dell’Officina per le esperienze di Architettura Navale – 1899 – fascicolo II – “Esperienze con modelli di carene delle navi imperiali ottomane Messudiejh – Assar – J – Teufik” – La Spezia, 1901<sup>(1)</sup>

- 46. Direzione delle Costruzioni navali del Primo Dipartimento Marittimo – Annali dell’Officina per le esperienze di Architettura Navale – 1899 – fascicolo III – “Esperienze con modelli di carene di incrociatori ‘tipo Ansaldo’ ” – La Spezia, 1901<sup>(1)</sup>

- 47. Direzione delle Costruzioni navali del Primo Dipartimento Marittimo – Annali dell’Officina per le esperienze di Architettura Navale – 1899 – fascicolo IV – “Esperienze con modelli di carene di alcuni tipi di piroscafi” – La Spezia, 1901<sup>(1)</sup>

- 48. Direzione delle Costruzioni navali del Primo Dipartimento Marittimo – Annali dell’Officina per le esperienze di Architettura Navale – 1899 – fascicolo V – “Esperienze con modelli di carene da incrociatori” – La Spezia, 1901<sup>(1)</sup>

- 49. Direzione delle Costruzioni navali del Primo Dipartimento Marittimo – Annali dell’Officina per le esperienze di Architettura Navale – 1899 – fascicolo VI – esperienze di rimorchio, di propulsione e di rollio eseguite con i modelli delle rr. nn. “Regina Margherita” e “Benedetto Brin” – La Spezia, 1901<sup>(1)</sup> (2)

- 50. Direzione delle Costruzioni navali del Primo Dipartimento Marittimo – Annali dell’Officina per le esperienze di Architettura Navale – 1900-1901 – fascicolo I – “Esperienze con modelli di carene di alcuni tipi di navi da guerra della ditta Ansaldo” – La Spezia, 1902<sup>(1)</sup>

- 51. Direzione delle Costruzioni navali del Primo Dipartimento Marittimo – Annali dell’Officina per le esperienze di Architettura Navale – 1900-1901 – fascicolo II – “Esperienze con modelli di carene di alcuni tipi di navi da guerra della Marina Imperiale Germanica” – La Spezia, 1902<sup>(1)</sup>

- 52. Direzione delle Costruzioni navali del Primo Dipartimento Marittimo – Annali dell’Officina per le esperienze di Architettura Navale – 1900-1901 – fascicolo III – “Esperienze con modelli di carene di alcuni tipi di incrociatori e navi da battaglia della I e R Marina Austroungarica” – La Spezia, 1902<sup>(1)</sup>

- 53. Direzione delle Costruzioni navali del Primo Dipartimento Marittimo

timo – Annali dell'Officina per le esperienze di Architettura Navale – 1900-1901 – fascicolo IV – “Esperienze con modelli di carene dei caccia torpediniere Nembo e Lampo” – La Spezia, 1902<sup>(1)</sup>

- 54. Direzione delle Costruzioni navali del Primo Dipartimento Marittimo – Annali dell'Officina per le esperienze di Architettura Navale – 1900-1901 – fascicolo V – “Esperienze con modelli di carene di navi da battaglia” – La Spezia, 1902<sup>(1)</sup>

- 55. Direzione delle Costruzioni navali del Primo Dipartimento Marittimo – Annali dell'Officina per le esperienze di Architettura Navale – 1902-1903 – fascicolo I – “Esperienze con modelli di carene dell'incrociatore corazzato tipo G.M.” – La Spezia, 1903<sup>(1)</sup>

- 56. Direzione delle Costruzioni navali del Primo Dipartimento Marittimo – Annali dell'Officina per le esperienze di Architettura Navale – 1902-1903 – fascicolo II – “Esperienze con modelli di carene della corazzata portoghese Vasco da Gama” – La Spezia, 1903<sup>(1)</sup>

- 57. Direzione delle Costruzioni navali del Primo Dipartimento Marittimo – Annali dell'Officina per le esperienze di Architettura Navale – 1902-1903 – fascicolo III – “Esperienze con modelli di carene della nave da battaglia di 1<sup>a</sup> cl. Tipo O.M” – La Spezia, 1903<sup>(1)</sup>

- 58. Direzione delle Costruzioni navali del Primo Dipartimento Marittimo – Annali dell'Officina per le esperienze di Architettura Navale – 1904 – fascicolo I – “Esperienze di rimorchio con i modelli di carene di torpediniere di 1. classe da 25 nodi studiate dalla Ditta Gio Ansaldo e C.” – La Spezia, 1904<sup>(4)</sup>

- 59. Direzione delle Costruzioni navali del Primo Dipartimento Marittimo – Annali dell'Officina per le esperienze di Architettura Navale – 1904 – fascicolo II – “Esperienze di rimorchio con i modelli di carene di torpediniere di 1. classe del dislocamento di 210 Tonn. Progetto Odero N. 1 – N. 2 – N. 2bis – N. 3 – N.4” – La Spezia, 1904<sup>(1)</sup>

- 60. Direzione delle Costruzioni navali del Primo Dipartimento Marittimo – Annali dell'Officina per le esperienze di Architettura Navale – 1904 – fascicolo III – “Esperienze di rimorchio con modelli di carene tipo X N. 1, N. 2 e N. 3” – La Spezia, 1905<sup>(1)</sup>

- 61. 1905 – fascicolo I – “Esperienze di rimorchio con i modelli delle carene di incrociatori tipo A, B,C, studiati dalla Ditta Orlando”<sup>(4)</sup>

- 62. Direzione delle Costruzioni navali del Primo Dipartimento Marittimo – Annali dell'Officina per le esperienze di Architettura Navale –

1905 – fascicolo II – “Esperienze con modelli di carene tipo San Marco e tipo V” – La Spezia, 1910<sup>(1)</sup>

- 63. Direzione delle Costruzioni navali del Primo Dipartimento Marittimo – Annali dell’Officina per le esperienze di Architettura Navale – 1905 – fascicolo III – “Esperienze con modelli di carene di barche automobili”<sup>(1)</sup>

- 64. Direzione delle Costruzioni navali del Primo Dipartimento Marittimo – Annali dell’Officina per le esperienze di Architettura Navale – 1906 – fascicolo I – “Esperienze con modelli di carene di cacciatorpediniere tipo Ansaldo” – La Spezia, 1910<sup>(1)</sup>

- 65. Direzione delle Costruzioni navali del Primo Dipartimento Marittimo – Annali dell’Officina per le esperienze di Architettura Navale – 1906 – fascicolo II – “Esperienze con modelli di carene della Nave T.M.” – La Spezia, 1911<sup>(1)</sup>

- 66. Direzione delle Costruzioni navali del Primo Dipartimento Marittimo – Annali dell’Officina per le esperienze di Architettura Navale – 1907 – fascicolo I – “Esperienze con modelli di carene di navi da battaglia” – La Spezia, 1911<sup>(1)</sup>

- 67. Direzione delle Costruzioni navali del Primo Dipartimento Marittimo – Annali dell’Officina per le esperienze di Architettura Navale – 1907 – fascicolo II – “Esperienze con modelli di carene della navi tipo Bersagliere ed Alcione” – La Spezia, 1911<sup>(1)</sup>

- 68. Direzione delle Costruzioni navali del Primo Dipartimento Marittimo – Annali dell’Officina per le esperienze di Architettura Navale – 1908 – fascicolo I – “Esperienze con modelli di carene delle navi R” – La Spezia, 1911<sup>(1)</sup>

- 69. Direzione delle Costruzioni navali del Primo Dipartimento Marittimo – Annali dell’Officina per le esperienze di Architettura Navale – 1908 – fascicolo II – “Esperienze con modelli di carene tipo cannoniera lagunare, ferry-boat N. 2, nave officina e nave coloniale” – La Spezia, 1911<sup>(1)</sup>

- 70. Direzione delle Costruzioni navali del Primo Dipartimento Marittimo – Annali dell’Officina per le esperienze di Architettura Navale – 1909 – fascicolo I – “Esperienze con modelli di carene di navi da battaglia della Ditta Ansaldo” – La Spezia, 1911<sup>(1)</sup> (2)

- 71. Direzione delle Costruzioni navali del Primo Dipartimento Marittimo – Annali dell’Officina per le esperienze di Architettura Navale –

1909 – fascicolo II – “Esperienze col modello di carena T76 (torpediniera PN) e coi modelli di cinque diversi tipi di eliche” – La Spezia, 1911<sup>(1)</sup>

- 72. 1910 – fascicolo I – “Esperienze di propulsione col modello della R.N. S. Marco”<sup>(4)</sup>

- 73. Direzione delle Costruzioni navali del Primo Dipartimento Marittimo – Annali dell’Officina per le esperienze di Architettura Navale – 1911 e 1912 – fascicolo I – “Esperienze con modelli di eliche isolate e successivamente accoppiate al modello di carena della Regia nave Dante Alighieri” – La Spezia, 1911<sup>(1)</sup>

- 74. Direzione delle Costruzioni navali del Primo Dipartimento Marittimo – Annali dell’Officina per le esperienze di Architettura Navale – 1911 e 1912 – fascicolo II – “Esperienze con modelli di carene di navi da battaglia B112 – B120 – B123a – B131 e B137” – La Spezia, 1912<sup>(1)</sup>

- 75. Direzione delle Costruzioni navali del Primo Dipartimento Marittimo – Annali dell’Officina per le esperienze di Architettura Navale – 1911-12 – fascicolo III – “Esperienze con modelli di carene di navi da battaglia ‘B139’ e ‘B143’ ” – La Spezia, 1913<sup>(1) (2)</sup>

- 76. Direzione delle Costruzioni navali del Primo Dipartimento Marittimo – Annali dell’Officina per le esperienze di Architettura Navale – 1911-12 – fascicolo IV – “Esperienze con modelli di carene di cacciatorpediniere ‘T79’ (Audace) e ‘T83’ (Indomito)” – La Spezia, 1913<sup>(1) (2)</sup>

- 77. Direzione delle Costruzioni navali del Primo Dipartimento Marittimo – Annali dell’Officina per le esperienze di Architettura Navale – 1911-12 – fascicolo V – “Esperienze con modelli di Navi Esploratrici ‘E52’, ‘E53’, ‘E55’, ‘E56’ e ‘E57’ ” – La Spezia, 1914<sup>(1) (2)</sup>

- 78. Direzione delle Costruzioni navali del Primo Dipartimento Marittimo – Annali dell’Officina per le esperienze di Architettura Navale – 1913 – fascicolo I – “Esperienze con modelli di carene di navi sussidiarie ‘S20’ e ‘S21’ ” – La Spezia, 1914<sup>(1) (2)</sup>

- 79. Direzione delle Costruzioni navali del Primo Dipartimento Marittimo – Annali dell’Officina per le esperienze di Architettura Navale – 1913 – fascicolo II – “Esperienze di rimorchio, di oscillazione e navipendolari compiute col modello della carena ‘E54’ (r.n. Quarto)” – La Spezia, 1914<sup>(1) (2)</sup>

- 80. 1914 – fascicolo I – “La distribuzione longitudinale della finezza di una carena e la resistenza del moto progressivo ed al moto oscillatorio

trasversale”<sup>(4)</sup>

- 81. Direzione delle Costruzioni navali del Primo Dipartimento Marittimo – Annali dell’Officina per le esperienze di Architettura Navale – 1914 – fascicolo II – “Esperienze con modelli di carene di siluranti ‘T80’, ‘T81’, ‘T82’, ‘T84’, ‘T85’, ‘T86’, ‘T87’, ‘T89’, ‘T90’, ‘T91’ ” – La Spezia, 1915<sup>(1) (2)</sup>

- 82. Direzione delle Costruzioni navali del Primo Dipartimento Marittimo – Annali dell’Officina per le esperienze di Architettura Navale – 1915 – fascicolo I – “La distribuzione longitudinale della finezza di una carena ed il rollio in mare ondosio” – La Spezia, 1915<sup>(1) (2)</sup>

- 83. Direzione delle Costruzioni navali del Primo Dipartimento Marittimo – Annali dell’Officina per le esperienze di Architettura Navale – 1915 – fascicolo I – “Ricerche sperimentali con modelli intorno alle qualità evolutive delle navi” – La Spezia, 1916<sup>(1) (2)</sup>

- 84. 1916 – fascicolo I – “Quadro calcolatore delle eliche. Esperienze con i modelli delle eliche N. 1, 2, 3, 4, 5 e 6”<sup>(4)</sup>

- 85. 1916 – fascicolo II – “Esperienze di rimorchio con i modelli delle carene di navi esploratrici E58 – E59 – E60 e E61”<sup>(4)</sup>

- 86. 1917 – fascicolo I – “Esperienze di rimorchio con i modelli delle carene di piroscafi P60 – P61 – P62 e P64”<sup>(4)</sup>

- 87. Regia Marina – Reparto Autonomo per Studi ed Esperienze di Architettura Navale – Annali del Laboratorio per esperienze di Architettura Navale – 1917 – fascicolo II – “Risultati di esperienze di rimorchio con modelli di motobarche antisommergibili” – La Spezia, 1918<sup>(1) (2)</sup>

- 88. 1918 – fascicolo I – “Esperienze di rimorchio con i modelli delle carene di piroscafi P68 – P69 – P70 – P71 – P73 – P74 – P75 e P76”<sup>(4)</sup>

- 89. Regia Marina – Reparto Autonomo per Studi ed Esperienze di Architettura Navale – Annali del Laboratorio per esperienze di Architettura Navale – 1918 – fascicolo II – “Esperienze con modelli di carene di piroscafi P68 – P69 – P70 – P71 – P73 – P74 – P75 – P76” – La Spezia, 1919<sup>(1) (2)</sup>

- 90. 1919 – “Determinazione della resistenza delle pale d’elica”<sup>(4)</sup>

- 91. Regia Marina – Reparto Autonomo per Studi ed Esperienze di Architettura Navale – Annali del Laboratorio per esperienze di Architettura Navale – 1919 – fascicolo II – “Esperienze con modelli di eliche” – La Spezia, 1921<sup>(1) (2)</sup>

- 92. 1920 – fascicolo I – “Risultati delle esperienze di rimorchio con modelli di motobarche antisommergibili”<sup>(4)</sup>
- 93. Regia Marina – Reparto Autonomo per Studi ed Esperienze di Architettura Navale – Annali del Laboratorio per esperienze di Architettura Navale – 1920 – fascicolo II – “Esperienze con modelli di eliche” – La Spezia, 1921<sup>(1) (2)</sup>
- 94. 1921 – fascicolo I – “Esperienze di rimorchio con i modelli di carene di navi esploratrici E62 – E63 – E64 ed E65”<sup>(4)</sup>
- 95. Regia Marina – Reparto Autonomo per Studi ed Esperienze di Architettura Navale – Annali del Laboratorio per esperienze di Architettura Navale – 1921 – fascicolo II – “Esperienze con modelli di carene di navi sussidiarie – S22 – S23 – S25 – S27” – La Spezia, 1922<sup>(1) (2)</sup>
- 96. Regia Marina – Reparto Autonomo per Studi ed Esperienze di Architettura Navale – Annali del Laboratorio per esperienze di Architettura Navale – 1922 – fascicolo I – “Esperienze con modelli di eliche” – La Spezia, 1923<sup>(1) (2)</sup>
- 97. Regia Marina – Reparto Autonomo per Studi ed Esperienze di Architettura Navale – Annali del Laboratorio per esperienze di Architettura Navale – 1922 – fascicolo II – “Esperienze con i modelli delle carene S29 – S29 bis – S30 – S30 bis (scafi di velieri)” – La Spezia, 1923<sup>(1) (2)</sup>
- 98. 1923 – fascicolo I – “Esperienze di rimorchio con i modelli delle carene P77 – P78 – P79 – P80 – P81 – P82 – P83 – P84 – P85 e P86”<sup>(4)</sup>
- 99. Regia Marina – Reparto Autonomo per Studi ed Esperienze di Architettura Navale – Annali del Laboratorio per esperienze di Architettura Navale – 1923 – fascicolo II – “Esperienze con modelli di eliche” – La Spezia, 1926<sup>(1) (2)</sup>
- 100. Direzione delle Costruzioni navali del regio Arsenal Militare Marittimo della Spezia – Annali del Reparto per Studi ed Esperienze di Architettura Navale – 1924 – fascicolo I – “Esperienze con i modelli delle carene I73 – I74 – I75 – I78 (incrociatori)” – La Spezia, 1926<sup>(1) (2)</sup>
- 101. 1924 – fascicolo II – “Esperienze di rimorchio con i modelli delle carene I80 – I81 e I82”<sup>(4)</sup>
- 102. 1925 – “Esperienze con i modelli delle carene T100 – T101 – T102 – T103 – T104 – T105”<sup>(4)</sup>
- 103. 1925 – fascicolo II – “Esperienze di rimorchio con i modelli delle

carene I83 – I84 – I85 – I86 – I90 e I91”<sup>(4)</sup>

- 104. Regia Marina – Vasca per Esperienze di Architettura Navale (sezione staccata del Comitato per i progetti delle Navi – Annali – 1926 – fascicolo I – “Esperienze con modelli di eliche” – La Spezia, 1926<sup>(1) (2) (3)</sup>

- 105. Regia Marina – Vasca per Esperienze di Architettura Navale (sezione staccata del Comitato per i progetti delle Navi – Annali – 1926 – fascicolo II – “Esperienze con i modelli delle carene T111 – T112 – T113 – T114 – T115 – T116” – La Spezia, 1927<sup>(1) (2)</sup>

- 106. 1927 – fascicolo I – “Alcune esperienze sistematiche alla vasca con modelli di carene”<sup>(4)</sup>

- 107. Regia Marina – Vasca per Esperienze di Architettura Navale (sezione staccata del Comitato per i progetti delle Navi – Annali – 1928 – fascicolo I – “Esperienze con i modelli delle carene I.84 – I.84 bis – I.97 – I.98 – incrociatori” – La Spezia, 1928<sup>(1) (2) (3)</sup>

- 108. Regia Marina – Vasca per Esperienze di Architettura Navale (sezione staccata del Comitato per i progetti delle Navi – Annali – 1928 – fascicolo II – “Prove comparative di modelli di elica e di carena presso varie vasche” – La Spezia, 1928<sup>(1) (2) (3)</sup>

- 109. Regia Marina – Vasca per Esperienze di Architettura Navale (sezione staccata del Comitato per i progetti delle Navi – Annali – 1929 – Anno VIII – fascicolo I – “Esperienze con i modelli delle carene C10 – C 11 (cannoniere fluviali) – S42 – S43 – S 44 (battelli lagunari) – b71 (barca con motore a nafta)” – La Spezia, 1929<sup>(\*) (1) (2)</sup>

- 110. Regia Marina – Vasca per Esperienze di Architettura Navale (sezione staccata del Comitato per i progetti delle Navi – Annali – 1929 – Anno VIII – fascicolo II – “Esperienze con modelli di eliche” – La Spezia<sup>(1) (2)</sup>

- 111. 1929 – fascicolo III – “Esperienze di rimorchio col modello della carena I99 (1<sup>a</sup>, 2<sup>a</sup> e 3<sup>a</sup> serie)”<sup>(4)</sup>

- 112. 1930 – fascicolo I – “Esperienze di rimorchio con i modelli delle carene P59 – P90bis e P98”<sup>(4)</sup>

- 113. 1930 – fascicolo II – “Esperienze di rimorchio con i modelli delle carene S32 – S38 – S39 – S40 e S41”<sup>(4)</sup>

- 114. 1931 – fascicolo I – “Esperienze di rimorchio col modello della carena I100”<sup>(4)</sup>

- 115. Regia Marina – Vasca per Esperienze di Architettura Navale (se-

zione staccata del Comitato per i progetti delle Navi – Annali – 1932 – Anno X – fascicolo I – “Carena b1 (barca a vapore per la difesa locale di Venezia) – carena b12 (lancia a remi di m. 9,50) – carena b12a (lancia a remi di m. 10,45) – carena b76 (motobarca da 10 miglia)” – La Spezia<sup>(1) (2)</sup>

- 116. 1932 – fascicolo II – “Esperienze di rimorchio con i modelli delle carene E83 – I104 e I105”<sup>(4)</sup>

- 117. Regia Marina – Vasca per Esperienze di Architettura Navale (sezione staccata del Comitato per i progetti delle Navi – Annali – 1934 – Anno XII – fascicolo I – “Carena T118 (carena di C.T.) – carena T128 (Torpediniera tipo Spica) – carena T129 (C.T. americano)” – La Spezia, 1934<sup>(1) (2)</sup>

- 118. Ministero Difesa Marina – Comitato per gli Studi, Esperienze e Progetti di navi ed Armi – Commissione Permanente per gli Esperimenti del Materiale da Guerra – Istituto di Architettura navale – Annali delle esperienze eseguite alla vasca – 1950, fascicolo I – “Esperienze di rimorchio e autopropulsione con il modello della carena T133 bis – Esperienze con i modelli delle eliche isolate E360, E361, E370, E379, E380, E384, E385” – La Spezia, 1950<sup>(1) (2) (3)</sup>

- 119. Ministero Difesa Marina – Comitato per gli Studi, Esperienze e Progetti di navi ed Armi – Commissione Permanente per gli Esperimenti del Materiale da Guerra – Istituto di Architettura navale – Annali delle esperienze eseguite alla vasca – 1950, fascicolo II – “Esperienze di rimorchio con i modelli delle carene B124 e B124A” – La Spezia, 1951<sup>(1) (2) (3)</sup>

- 120. Ministero Difesa Marina – Comitato per gli Studi, Esperienze e Progetti di navi ed Armi – Commissione Permanente per gli Esperimenti del Materiale da Guerra – Istituto di Architettura navale – Annali delle esperienze eseguite alla vasca – 1950, fascicolo III – “Esperienze di rimorchio e autopropulsione con i modelli delle carene E86 – E87 – Esperienze con i modelli delle eliche isolate E391 – E 393” – La Spezia, 1951<sup>(1) (2) (3)</sup>

- 121. 1951 – Fascicolo I – “Esperienze di rimorchio, di autopropulsione e di oscillazione eseguite con il modello della carena S63 – Esperienze con il modello di elica isolata E374 – Corvette cacciasommersibili”<sup>(4)</sup>

- 122. Ministero Difesa Marina – Comitato per gli Studi, Esperienze e Progetti di navi ed Armi – Commissione Permanente per gli Esperimenti del Materiale da Guerra – Istituto di Architettura navale – Annali del-

le esperienze eseguite alla vasca – 1951, Fascicolo II – “Esperienze di rimorchio con i modelli delle carene T130 – T131 – T134 e T135” – La Spezia, 1951<sup>(1)</sup> (3)

- 123. 1951 – “Esperienze di rimorchio con i modelli delle carene b80 – b87 – b105bis – Motocannoniera Turr – MAS 1<sup>a</sup> e 2<sup>a</sup> serie”<sup>(4)</sup>

- 124. Ministero Difesa Marina – Comitato per gli Studi, Esperienze e Progetti di navi ed Armi – Commissione Permanente per gli Esperimenti del Materiale da Guerra – Istituto di Architettura navale – Annali delle esperienze eseguite alla vasca – 1951 fascicolo IV – Annale 124 – “Esperienze di rimorchio con i modelli delle carene b 107 e b 112” – La Spezia, 1952<sup>(1)</sup>

- Ministero Difesa Marina – Comitato per gli Studi, Esperienze e Progetti di navi ed Armi – Commissione Permanente per gli Esperimenti del Materiale da Guerra – Istituto di Architettura navale – Annali delle esperienze eseguite alla vasca – 1951 fascicolo II – Supplemento – “Indice generale” – La Spezia, 1951<sup>(1)</sup>

- 125. Ministero Difesa Marina – Comitato per gli Studi, Esperienze e Progetti di navi ed Armi – Commissione Permanente per gli Esperimenti del Materiale da Guerra – Istituto di Architettura navale – Annali delle esperienze eseguite alla vasca – 1951 fascicolo V – “Esperienze di rimorchio con i modelli delle carene b 117 – b 119 – b 120 – b 137 Studi Mas” – La Spezia, 1952<sup>(1)</sup>

- 126. 1952 – “Esperienze di rimorchio con i modello delle carene b132 – b133 – dragamine classe DV 102”<sup>(4)</sup>

- 127. Ministero Difesa Marina – Comitato per gli Studi, Esperienze e Progetti di navi ed Armi – Commissione Permanente per gli Esperimenti del Materiale da Guerra – Istituto di Architettura navale – Annali delle esperienze eseguite alla vasca – 1952, fascicolo II – Annale N. 127 “Esperienze di rimorchio e di autopropulsione eseguite con i modelli delle carene T136 e T136A – Esperienze con i modelli delle eliche isolate E398 ed E401” – La Spezia, 1952<sup>(1)</sup> (3) (\*)

- 128. Ministero Difesa Marina – Comitato per gli Studi, Esperienze e Progetti di navi ed Armi – Commissione Permanente per gli Esperimenti del Materiale da Guerra – Istituto di Architettura navale – Annali delle esperienze eseguite alla vasca – 1953, fascicolo I – Annale 128 “Esperienze di rimorchio e di autopropulsione eseguite con i modelli delle carene T138 e T138A – Esperienze con il modello dell’elica isolata E402”

– La Spezia, 1953<sup>(1) (3)</sup>

- 129. Ministero Difesa Marina – Comitato per gli Studi, Esperienze e Progetti di navi ed Armi – Commissione Permanente per gli Esperimenti del Materiale da Guerra – Istituto di Architettura navale – Annali delle esperienze eseguite alla vasca – 1953, fascicolo II – Annale 129 “Esperienze di rimorchio e di autopropulsione eseguite con i modelli delle carene T139, T142, T143, T144, T146 e T147 – Esperienze con i modelli delle eliche isolate E403, E411 ed E411A” – La Spezia, 1953<sup>(1) (3)</sup>

- 130. Ministero Difesa Marina – Comitato per gli Studi, Esperienze e Progetti di navi ed Armi – Commissione Permanente per gli Esperimenti del Materiale da Guerra – Istituto di Architettura navale – Annali delle esperienze eseguite alla vasca – 1954, fascicolo I – Annale 130 “Esperienze di rimorchio e di autopropulsione eseguite con i modelli delle carene S46, S56A e S57 – Esperienze con i modelli delle eliche isolate E386 ed E397” – La Spezia, 1954<sup>(1) (3)</sup>

- 131. Ministero Difesa Marina – Comitato per gli Studi, Esperienze e Progetti di navi ed Armi – Commissione Permanente per gli Esperimenti del Materiale da Guerra – Istituto di Architettura navale – Annali delle esperienze eseguite alla vasca – 1954, fascicolo II – Annale 131 “Esperienze di rimorchio e di autopropulsione eseguite con i modelli delle carene M146, S60 e S64 – Esperienze con i modelli delle eliche isolate E399, E400, E400A ed E404” – La Spezia, 1954<sup>(1) (3)</sup>

- 132. Ministero Difesa Marina – Comitato per gli Studi, Esperienze e Progetti di navi ed Armi – Commissione Permanente per gli Esperimenti del Materiale da Guerra – Istituto di Architettura navale – Annali delle esperienze eseguite alla vasca – 1954, fascicolo III – Annale 132 “Esperienze di rimorchio e di autopropulsione eseguite con i modelli delle carene P105, P106 e P106A – Esperienze con i modelli delle eliche isolate E373 ed E395” – La Spezia, 1955<sup>(1) (3)</sup>

- 133. Ministero Difesa Marina – Comitato per gli Studi, Esperienze e Progetti di navi ed Armi – Commissione Permanente per gli Esperimenti del Materiale da Guerra – Istituto di Architettura navale – Annali delle esperienze eseguite alla vasca – 1955, fascicolo I – Annale 133 “Esperienze di rimorchio e di autopropulsione eseguite con i modelli delle carene P109, P109A e P109B – Esperienze con i modelli delle eliche isolate E405 ed E408” – La Spezia, 1955<sup>(1) (3)</sup>

- 134. Ministero Difesa Marina – Comitato per gli Studi, Esperienze e

Progetti di navi ed Armi – Commissione Permanente per gli Esperimenti del Materiale da Guerra – Istituto di Architettura navale – Annali delle esperienze eseguite alla vasca – 1955, fascicolo II – Annale 134 “Esperienze di rimorchio e di autopropulsione eseguite con il modello della carena I107A – Esperienze con i modelli delle eliche isolate E387 ed E388” – La Spezia, 1956<sup>(1) (3)</sup>

- 135. Ministero Difesa Marina – Comitato per gli Studi, Esperienze e Progetti di navi ed Armi – Commissione Permanente per gli Esperimenti del Materiale da Guerra – Istituto di Architettura navale – Annali delle esperienze eseguite alla vasca – 1956, fascicolo I – Annale 135 “Esperienze di rimorchio e di autopropulsione eseguite con il modello della carena I108 – Esperienze con i modelli delle eliche isolate E280 ed E377” – La Spezia, 1957<sup>(1) (3)</sup>

#### ELENCO DEGLI ANNALI DEL CEIMM

PREMESSA: Tutti gli annali del CEIMM sono presenti, sia in forma cartacea sia in formato elettronico (pdf) presso l'Archivio dell'Ufficio Architettura navale del 7° Reparto SPM (Studi, Progetti, Mezzi e Materiali) dello Stato Maggiore della Marina.

- Comitato per i Progetti delle Navi – Reparto Architettura Costruzioni navali – Annale numero 1: “Il Centro per Esperienze Idrodinamiche della Marina Militare” – Col. (GN) Pier Giacomo Maioli – Roma, 1963.

- Ministero della Difesa – Marina – Comitato per i Progetti delle Navi – Reparto Architettura e Costruzioni navali – Centro Esperienze Idrodinamiche della Marina Militare – Annale numero 1: “Considerazioni sulle eliche con lembo d'uscita deviato” – Col. (GN) Pier Giacomo Maioli – Roma, 1964.

- Ministero della Difesa – Marina – Comitato per i Progetti delle Navi – Reparto Architettura e Costruzioni navali – Centro Esperienze Idrodinamiche – Annale numero 2: “Limiti di applicazione delle eliche supercavitanti” – Col. (GN) Pier Giacomo Maioli – Roma, 1964.

- Ministero della Difesa – Marina – Comitato per i Progetti delle Navi – Reparto Architettura e Costruzioni navali – Centro Esperienze Idrodinamiche – Annale numero 3: “Il progetto dell'elica navale” – Col. (GN) Pier Giacomo Maioli – Roma, 1965

- Ministero della Difesa – Marina – Comitato per i Progetti delle Navi – Reparto Architettura e Costruzioni navali – Centro Esperienze Idrodinamiche – Annale numero 4: “La robustezza dell’elica navale” – *PP.TT.DD. Giuseppe Ferri e Sergio Pennacchi* – Roma, 1966.

- Ministero della Difesa – Marina – Comitato per i Progetti delle Navi – Reparto Architettura e Costruzioni navali – Centro Esperienze Idrodinamiche – Annale numero 5: “Cavitazione delle eliche nella zona del raccordo” – *Col. (GN) Pier Giacomo Maioli* – Roma, 1966.

- Ministero della Difesa – Marina – Comitato per i Progetti delle Navi – Reparto Architettura e Costruzioni navali – Centro Esperienze Idrodinamiche – Annale numero 6: “Considerazioni sul funzionamento idrodinamico delle eliche a pale orientabili” – *Magg. (GN) Vittorio Gregoretti e Marco Vitullo* – Roma, 1967.

- Ministero della Difesa – Marina – Comitato per i Progetti delle Navi – Reparto Architettura e Costruzioni navali – Centro Esperienze Idrodinamiche – Annale numero 7: “La teoria della superficie portante applicata al calcolo delle eliche navali” – *Col. (GN) Pier Giacomo Maioli* – Roma, 1968.

- Ministero della Difesa – Marina – Comitato per i Progetti delle Navi – Reparto Architettura e Costruzioni navali – Centro Esperienze Idrodinamiche – Annale numero 8: “Elica o getto?” *T. Col. (GN) Pier Giacomo Maioli e Giovanni Venturini* – Roma, 1969.

- Ministero della Difesa – Marina – Comitato per i Progetti delle Navi – Reparto Architettura e Costruzioni navali – Centro Esperienze Idrodinamiche – Annale numero 9: “Le prove tipo per la misura delle qualità direzionali e di governo delle navi di superficie” – *Cap. (GN) Gian Marco Perlo* – Roma, 1969.

- Ministero della Difesa – Marina – Comitato per i Progetti delle Navi – 1° Reparto – Centro Esperienze Idrodinamiche – Annale numero 10: “Le serie B del NSMB. Risultati e applicazioni” – *C.F. (GN) Vittorio Gregoretti* – Roma, 1979.

- Ministero della Difesa – Marina – Comitato per i Progetti delle Navi – 1° Reparto – Centro Esperienze Idrodinamiche – Annale numero 11: “Le serie Gawn (A.E.W.). Risultati e applicazioni” – *C.F. (GN) Vittorio Gregoretti e PTDF Francesco Di Capua* – Roma, 1979.

- Ministero della Difesa – Marina – Comitato per i Progetti delle Navi – 1° Reparto – Centro Esperienze Idrodinamiche – Annale numero 12: “Eliche ed ali simmetriche. Esperienze in tunnel” – *C.C. (GN) Lucio Accardo e C.V. (GN) Vittorio Gregoretti* – Roma, 1980.

- Ministero della Difesa – Marina – Comitato per i Progetti delle Navi – 1° Reparto – Centro Esperienze Idrodinamiche – Annale numero 13: “La rugosità nella correlazione modello-elica al vero” – G.M. (GN) *Daniele Ranocchia* – Roma, 1980.
- Ministero della Difesa – Marina – Comitato per i Progetti delle Navi – 1° Reparto – Centro Esperienze Idrodinamiche – Annale numero 14: “Vortice di estremità. Correlazione tunnel-mar” – C.V. (GN) *Vittorio Gregoretti*, G.M. (GN) *Giorgio Galeati* e *Stefano Dentamaro* – Roma, 1980.
- Ministero della Difesa – Marina – Comitato per i Progetti delle Navi – 1° Reparto – Centro Esperienze Idrodinamiche – Annale numero 15: “Cavitazione laminare. Correlazione tunnel-mare” – C.C. (GN) *Lucio Accardo* e C.V. (GN) *Vittorio Gregoretti* – Roma, 1980.
- Ministero della Difesa – Marina – Comitato per i Progetti delle Navi – 1° Reparto – Centro Esperienze Idrodinamiche – Annale numero 16: “La previsione della cavitazione mediante prove su modelli” – C.C. (GN) *Lucio Accardo*, C.V. (GN) *Vittorio Gregoretti*, T.V. (GN) *Alberto Gauzolino* – Roma, 1980.
- Ministero della Difesa – Marina – Comitato per i Progetti delle Navi – 1° Reparto – Centro Esperienze Idrodinamiche – Annale numero 17: “Analisi prove vasca” – C.C. (GN) *Lucio Accardo* e C.V. (GN) *Vittorio Gregoretti* – Roma, 1980.
- Ministero della Difesa – Marina – Comitato per i Progetti delle Navi – 1° Reparto – Centro Esperienze Idrodinamiche – Annale numero 18: “Variazione delle prestazioni cavitative e del rendimento di un elica a pale orientabili in funzione del passo” – C.F. *Lucio Accardo*, Ing. *Franco Bau*, *Andrea Pannarello* – Roma, 1982.
- Ministero della Difesa – Marina – Comitato per i Progetti delle Navi – 1° Reparto – Centro Esperienze Idrodinamiche – Annale numero 19: “Scia al bordo di uscita di un profilo alare di lunghezza finita” – C.F. *Lucio Accardo* – Roma, 1992.
- Ministero della Difesa – Marina – Comitato per i Progetti delle Navi – 1° Reparto – Centro Esperienze Idrodinamiche – Annale numero 20: “Rilievi di rumore presso il tunnel del Ceimm” – C.F. (GN) *Lucio Accardo*, C.C. (GN) *Alberto Gauzolino* – Roma, 1992.
- Marina Militare – Stato Maggiore della Marina – 7° Reparto SPMM – Centro Esperienze Idrodinamiche – Annale N. 21: “NAVE VESPUCCI – PROGETTO DELLA NUOVA ELICA” – C.F. (GN) *Domenico GUALUPI* – Roma, 2012.

## BIBLIOGRAFIA

- C. Boccalatte, “La vita e le opere del generale ispettore del Genio Navale Umberto Pugliese”, *Bollettino d'Archivio dell'Ufficio Storico della Marina Militare*, Settembre 2009.
- M. Cosentino e R. Staglini, “Il Corpo del Genio Navale”, Roma, Selex Sistemi Integrati, giugno 2006.
- G. Rota, “La vasca per le esperienze di architettura navale nel Regio Arsenale di Spezia”, Genova, 1898.
- G. Rota, “Ciò che la Marina ha fatto durante la guerra 1915-18 nei riguardi della ingegneria navale”, Genova, 1919.
- Periodico *Il comune*, edito alla Spezia, numeri del 21 dicembre 1912 e del 28 dicembre 1912.
- Periodico *Il lavoro, Gazzetta della Spezia*, numeri del 21 dicembre 1912 e del 28 dicembre 1912.
- Periodico *Corriere della Spezia*, numero del 28 dicembre 1912.
- *Annali della Vasca Nazionale per le esperienze di architettura navale in Roma*, volume 1, 1931.
- *Bollettini* della Direzione delle Costruzioni Navali (Maricost) del Regio Arsenale della Spezia, anni 1905-06, 1906-07, 1907-08 e 1908-09.
- Regia Università di Genova, “Commemorazione del professor Angelo Scribanti”, Genova, SIAG, 1936.
- A. Landi, *Enciclopedia storica della città della Spezia*, La Spezia, Accademia Lunigianense di Scienza “Giovanni Cappellini”, 2008.
- P. Pesaresi, *Il genio militare alla Spezia (1861-2011)*, Moderna edizioni, 2011.
- *L'Arsenale militare marittimo della Spezia 1945-1950*, la storia dello stabilimento narrata attraverso le immagini del patrimonio fotografico della Marina Militare, Genova, De Ferrari, 2009.
- *Rivista Marittima*, anni 1891, 1892, 1893, 1895, 1897, 1899 e 1902, articoli vari del generale Giuseppe Rota su argomenti di Architettura navale.
- *Rivista Marittima*, anni 1902, 1907 e 1916 articoli vari del generale Gioacchino Russo su argomenti di Architettura navale.
- *Rivista Marittima*, anni 1901, 1902, 1903, 1904, 1906, 1912, 1914,

- 1915, 1916, 1917 e 1919 articoli vari dell'ingegner Nino Pecoraro su argomenti di Architettura navale.
- *Rivista Marittima*, anni 1897, 1898, 1902, 1903, 1904, 1906, 1916, 1922 e 1925 articoli vari del professor Angelo Scribanti su argomenti di Architettura navale.
  - *Rivista Marittima*, "Primo congresso degli ingegneri navali e meccanici in Italia", ottobre e novembre 1911.
  - *Rivista Marittima*, "Riunione annuale degli ingegneri navali e meccanici in Italia", gennaio 1913.
  - *Rivista Marittima*, "Il generale Domenico Chiodo", 1958.
  - *Rivista Marittima*, necrologio del Senatore Generale Ispettore del Genio Navale Giuseppe Rota, settembre 1961.
  - *Rivista Marittima*, Michele Cosentino, "L'ammiraglio Benedetto Brin nella storia italiana", dicembre 1998.
  - *Rivista Marittima*, Claudio Boccalatte, "La vasca navale britannica di Haslar e la nascita dell'architettura navale sperimentale", maggio 2008.
  - Archivio fotografico dell'Arsenale Militare Marittimo della Spezia.
  - Documentazione varia dell'Ufficio Storico della Marina Militare di Roma.
  - Sito internet della Marina Militare [www.marina.difesa.it](http://www.marina.difesa.it)
  - Enciclopedia Treccani, voci varie.
  - Sito internet wikipedia [http://en.wikipedia.org/wiki/Main\\_Page](http://en.wikipedia.org/wiki/Main_Page)
  - Sito internet del programma DuilioShip della biblioteca della facoltà d'ingegneria dell'Università degli Studi di Genova <http://www.duilioShip.eu>
  - Sito internet dell'ATENA (Associazione di tecnica navale) <http://www.atenanazionale.it>
  - Archivio storico del sito internet del Senato, scheda dei senatori Giuseppe Rota e Gioacchino Russo.

