



**UNIVERSITA' POLITECNICA DELLE MARCHE**  
**FACOLTA' DI INGEGNERIA**

---

Corso di Laurea magistrale INGEGNERIA MECCANICA

**Implementazione e sviluppo di modelli di regressione lineare  
per la stima dei pesi dei portelloni di yacht**

**Implementation and development of linear regression models  
for estimating the weights of yacht hatches**

Relatore: Chiar.mo  
**Prof. Michele Germani**

Tesi di Laurea di:  
**Michele Creta**

**A.A. 2018 / 2019**





# Indice

---

Indice .....	4
Indice delle Figure.....	7
Indice delle Tabelle .....	9
Introduzione .....	10
Ringraziamenti .....	11
Capitolo I.....	13
Inquadramento storico degli Yacht .....	13
1.1_Origini degli Yacht.....	13
1.2_Distinzione delle navi da diporto .....	15
1.3_Evoluzione storica degli yacht .....	16
1.4_ Era Moderna degli Yacht e materiali di fabbricazione .....	19
1.5_Classificazione .....	20
1.6_La realtà dello Yachting in Italia.....	21
1.6.1 CRN.....	21
Capitolo II .....	23
Meccanica dei fluidi .....	23
2.1 _Legge di Stevino .....	24
2.2 _ Legge di Pascal .....	28
2.3 Spinta di Archimede.....	29
Capitolo III.....	33
Il Galleggiamento di una nave .....	33

3.1 Cenni di Architettura Navale .....	34
3.1.2 Geometria della nave.....	34
3.1.3 Esponente di Carico .....	38
Capitolo IV.....	43
4.1 Regressione Lineare .....	43
4.2 Implementazione in ambiente Excel.....	49
4.2.1 Funzione Regr LIN .....	49
4.2.2 Sintassi .....	51
Capitolo V .....	53
Implementazione del modello.....	53
5.1 Acquisizione dati.....	53
5.2 Reperimento delle informazioni.....	56
5.3 Registri di classe .....	56
5.4 Suddivisione in famiglie .....	58
Capitolo VI.....	67
Risultati .....	67
6.1 Fattore di correlazione AL_ST .....	67
6.2 Individuazione Analisi .....	70
6.3 Regressione Aree-Pesi .....	72
6.3.1 Tool di Calcolo per la Stima dei pesi dei Portelloni .....	73
6.3.2 Average SM .....	75
6.4 Regressione Perimetri- Pesi interfaccia .....	77
6.5 Regressione Volumi pesi sistemi idraulici.....	78

6.6 Tool di Calcolo per la stima dei pesi tarata su uno specifico elemento .....	79
Capitolo VII.....	81
Analisi dei risultati .....	81
7.1 Confronto della significatività statistica Aree_pesì Portelloni .....	81
7.2 Confronto della significatività statistica Perimetri_pesì interfaccia Portelloni .....	83
7.2 Conclusioni e Sviluppi futuri .....	84
Bibliografia, Sitografia e Fonti di Riferimento .....	86

# Indice delle Figure

Figura 1 Cleopatra's Barge.....	14
Figura 2_ Namouna 1882 Dipinto di Charles R. Parsons.....	18
Figura 3_Figura 4_Corsair III 1898.....	18
Figura 4_ Stabilimento CRN Ancona.....	21
Figura 5_ Cilindro contenente acqua con pelo libero.....	25
Figura 6_ Applicazione della legge di Pascal Torchio Idraulico.....	28
Figura 7_ Spinta di Archimede.....	29
Figura 8_ Corpo immerso nel liquido.....	30
Figura 9_ Nomenclatura generale.....	34
Figura 10_ Pianta nave.....	35
Figura 11_ Geometria scafo in sezione diametrale.....	36
Figura 12_ piani di immersione.....	38
Figura 13_ piante dei piani navali.....	41
Figura 14 Esempio di retta di regressione.....	47
Figura 15 Schema illustrativo del processo alla base del SAP.....	53
Figura 16_ Portelloni di Poppa.....	58
Figura 17_ Portelloni garage below lower deck.....	59
Figura 18_ Balcony below Main Deck.....	59
Figura 19_ Portelloni Trasla Ruota.....	60
Figura 20_ Balcony above Main Deck.....	61
Figura 21_ Porte di imbarco viveri.....	61

Figura 22 _Tool dei sistemi idraulici.....	64
Figura 23 _Statistica sviluppata solo con elementi in acciaio .....	67
Figura 24 _Statistica sviluppata solo con elementi in alluminio .....	68
Figura 25 _Risultato con fattore di correlazione pari a 0,5 .....	69
Figura 26 _Risultato con fattore di correlazione pari a 0,3696 .....	69
Figura 27 _Risultato con fattore di correlazione pari a 0,5 .....	69
Figura 28 _Regressioni aree-pesi.....	72
Figura 29 _Tool in cui immettere le dimensioni.....	73
Figura 30 _Ambiente di calcolo.....	73
Figura 31 _ Safety Margin .....	75
Figura 32 _Regressione area peso portelloni .....	76
Figura 33 _Regressione pesi interfaccia .....	77
Figura 34 _Tool del Sistema di calcolo del peso delle pompe dei sistemi idraulici..	78
Figura 35 _Regressione tarata su un progetto specifico .....	80
Figura 36 _Fattore di determinazione portelloni balcony MD corretto.....	82
Figura 37 _Fattore di determinazione portelloni balcony MD originario .....	82



# Indice delle Tabelle

Tabella 1_Qualità di correlazione .....	46
Tabella 2_Sintassi della funzione implementata.....	51
Tabella 3_Parametri descrittivi dei portelloni.....	62
Tabella 4_Tool di calcolo .....	79
Tabella 5 Confronto delle analisi.....	81
Tabella 6 confronto delle analisi.....	83

# Introduzione

Il seguente elaborato si sviluppa in una breve introduzione a carattere storico delle imbarcazioni da diporto in quanto costituiscono l'oggetto di studio.

Si inserisce in questo senso anche un cenno all'azienda presso cui ho svolto il tirocinio che è leader del nel settore degli yacht in Italia; paese che da sempre ha una forte tradizione cantieristica e di successo nel panorama navale.

Nel secondo e terzo capitolo si espongono i principi della meccanica dei fluidi attraverso i quali le navi operano, fornendo successivamente le loro caratteristiche architettoniche che consentono a queste il galleggiamento. È una sezione che getta le basi per valorizzare l'importanza di avere una idea sul peso dell'imbarcazione con tutti i componenti di cui è composta. Su questa rotta infatti prende corpo il seguente lavoro.

Nei capitoli successivi si circoscrive il modello matematico che consente di stimare il peso, per ciò che mi è stato richiesto, ovvero per le famiglie di portelloni, aprendosi alla sua implementazione, al suo sviluppo; fino alla valutazione dei risultati che questo ha permesso di ottenere.

# Ringraziamenti

Sono felice di essere alla fine di un percorso che ha rappresentato non solo una preparazione accademica alla figura dell'ingegnere ma soprattutto una crescita personale, un'evoluzione, una piena attuazione delle proprie facoltà al fine di essere consapevole dei propri mezzi come persona e come professionista nel mio futuro.

Vorrei ringraziare innanzi tutto il Professore Michele Germani del dipartimento di Ingegneria Industriale e Scienze Matematiche dell'Università Politecnica delle Marche che mi ha guidato e fornito l'opportunità di mettermi in contatto presso l'azienda in cui ho svolto il tirocinio.

Ringrazio tutto lo staff dell'ufficio tecnico del CRN del Gruppo Ferretti, in particolare gli ingegneri Gianluca Ciniero e Gabriele Catani che mi hanno seguito durante il periodo di stage.

Un grazie è destinato ai miei genitori e a mio fratello Valerio che mi hanno sempre supportato e senza i quali questo traguardo non sarebbe stato possibile.

Infine, ringrazio tutti i miei amici con i quali ho avuto la fortuna e il piacere di condividere il mio cammino.



# Capitolo I

## Inquadramento storico degli Yacht

### 1.1\_Origini degli Yacht

Le origini degli Yacht affondano le radici nel XVII secolo.

È un periodo di cospicuo fermento nel panorama navale europeo. In particolare, riferimento all'Inghilterra, nasce la *Royal Navy*.

Il progresso marittimo viene declinato secondo l'esigenza di trovare dei mezzi capaci allo stesso tempo sia di sfuggire al pericolo di corsi d'acqua in difficili condizioni di navigabilità sia al timore di imbattersi nella pirateria. In questo senso si realizzano i primi natanti a fondo piatto che potessero garantire le caratteristiche di velocità e maneggevolezza necessari.

Il primo a parlare di Yacht o meglio *jacht*<sup>1</sup> fu Carlo II re di Inghilterra che spese parole di elogio per questi mezzi che riuscivano a navigare anche in acque poco profonde in quanto egli tornò nel Regno Unito dopo l'esilio che lo costrinse a rimanere a lungo nei Paesi Bassi.

---

<sup>1</sup> Il termine proviene dalla lingua olandese con il significato di "caccia"

I primi Yacht furono commissionati dal Re di Inghilterra che poteva disporre per primo di una intera flotta di panfili.

Oltreoceano, in America, nel VXIII secolo dilaga la volontà da parte di persone sebbene non di classe aristocratica ma economicamente abbienti di realizzare navi da diporto.

Nascono in questa direzione anche le prime regate, dal 1826 fino ai giorni d'oggi, con cadenza annuale si tiene una celeberrima competizione velica rappresentata dalla 'settimana di *Cowes*'.

Uno dei primi esempi di yacht in USA è il *Cleopatra's Barge* di seguito raffigurato.



Figura 1 Cleopatra's Barge

Il desiderio da parte dell'aristocrazia di possedere yacht ne promuove la loro diffusione diventando per alcuni un oggetto di ostentazione del proprio benessere economico e per altri un mezzo lussuoso con cui solcare i mari.

## **1.2\_Distinzione delle navi da diporto**

Le costruzioni navali ideate a scopi ricreativi avulse da mire belliche o realizzate per fini commerciali fanno riferimento alla categoria di navi da diporto.

Come si evince dagli albori della storia di questo segmento di imbarcazioni fino ad oggi il bacino di utenza rimane appannaggio solo di pochi fortunati.

A decretare la distinzione fra navi costruite per assecondare la volontà e l'agonismo delle competizioni veliche da quelle in cui si ricercava lo sfarzo è stata in favore di quest'ultima categoria, l'introduzione del motore termico prima a vapore e poi diesel.

Parallelamente alla tipologia di propulsione anche l'architettura navale, i materiali di realizzazione, il focus delle principali caratteristiche su cui basare le scelte progettuali come si vedrà successivamente contraddistinguono le tipologie di barche.

### **1.3\_Evoluzione storica degli yacht**

La più comune suddivisione in tappe che ripercorrono l'evoluzione delle imbarcazioni da diporto come individuato dagli archivi del 'Yacht Sails Design' consiste in un

- Epoca antica fino al XIX secolo
- Epoca rinascimentale dal XIX secolo alla Seconda guerra mondiale
- Epoca moderna dalla Seconda guerra mondiale ad oggi

Come già menzionato nell'epoca antica le principali scuole di pensiero appartengono agli inglesi e americani.

Essi più di altri, hanno fornito le tendenze costruttive con caratteristiche e soluzioni diverse.

Le peculiarità dei metodi di approccio realizzativo assecondano la diversità geografica che non solo contemplanò una la morfologia dei corsi d'acqua ma anche dalle condizioni climatiche di quelle aree di navigazione. A livello progettuali ciò che si evince è che sulle:



Navi inglesi:

- alto dislocamento
- baglio massimo molto largo
- un solo albero
- barca molto invelata
- bompresso molto lungo

Navi americane per lo più riciclate da quelle da lavoro:

- basso dislocamento
- baglio massimo molto stretto
- due alberi molto inclinati verso poppa
- deriva mobile

Il XIX secolo diventa lo scenario per gli armatori di mostrare la loro ricchezza, fama e potere nella corsa al lusso e alle maestose dimensioni delle proprie imbarcazioni di cui se ne fornisce qualche celebre esempio che ha segnato questa era:

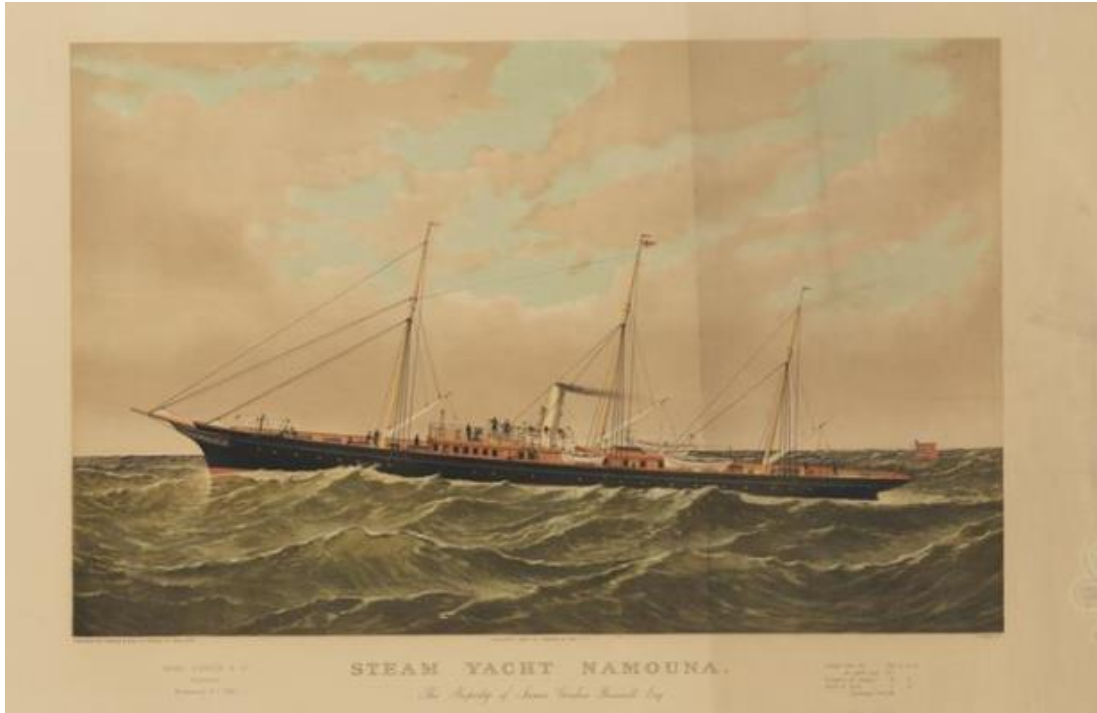


Figura 2\_ Namouna 1882 Dipinto di Charles R. Parsons

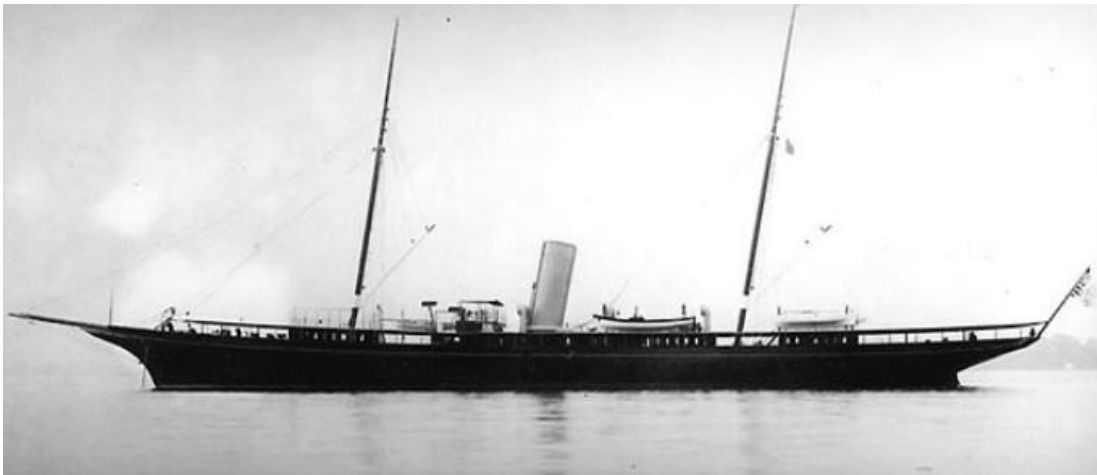


Figura 3\_Figura 4\_Corsair III 1898

Rispettivamente raffigurati il Namouna <sup>2</sup> e il Corsair III che segnò primati di lunghezza con i suoi 93 m e di velocità in quanto poteva vantare su un sistema di propulsione capace di spingerlo fino a circa 19 nodi.

## **1.4\_ Era Moderna degli Yacht e materiali di fabbricazione**

L'era moderna degli yacht è sancita dalla fine del Secondo conflitto mondiale che ha avuto come in ogni ambito represso qualsiasi impegno ingegneristico che non fosse finalizzato alla guerra. Nel XX secolo si assiste ad un repentino e radicale mutamento del processo realizzato dei materiali.

Migliorano considerevolmente le caratteristiche meccaniche, i metodi di realizzazione e i costi. Tutto ciò si ripercuote positivamente nel mondo nautico.

Dall'inizio di quest'epoca ad oggi è rimasto invariato il confine fra i due principali materiali di fabbricazione delle imbarcazioni.

- Per Yacht fino ai 40 - 45 m il materiale preferito rimane la vetroresina
- Per i cosiddetti mega e giga Yacht con cui si è soliti fare riferimento a natanti con dimensioni a partire dai 50 m il materiale preferito è il metallo poiché le forze statiche e dinamiche in gioco sono molto maggiori e vengono privilegiati comportamenti elastici.

---

<sup>2</sup> Namaouna imbarcazione realizzata nel 1882 di proprietà di James Gordon Bennet Esq.

Altro elemento a vantaggio dei materiali metallici è la possibilità di effettuare riparazioni principalmente per quanto concerne lo scafo

## **1.5\_Classificazione**

A dettare le linee guida di classificazione delle navi è l'armonizzazione della normativa UNI EN ISO 8666.

Stabilisce le misure di riferimento di lunghezza e stazza.

Come da definizione le navi da diporto sono considerate tali per lunghezze sopra i 24 m.

Altro parametro di classificazione è rappresentato dal *gross tonnage* il cui corrispettivo italiano è sostanzialmente la stazza lorda il cui limite si attesta alle 500 GT

I registri di classe in tal senso rivestono il ruolo di garanti e di enti di che autorizzano la classificazione delle imbarcazioni varate attribuendo loro oltre che ad un riferimento rispetto alle specifiche di progetto anche una classe che fa riferimento al livello di comfort e qualità raggiunto.

## 1.6\_La realtà dello Yachting in Italia

‘L’Italia detiene la leadership mondiale di costruttore di yacht e, nel nostro Paese, sono presenti alcuni dei cantieri più antichi e più rinomati’<sup>3</sup> è una affermazione rilasciata dai Fratelli Canalicchio attivi nel settore nautico da diverse decine di anni.

La tradizione cantieristica navale italiana si è dimostrata di spicco soprattutto nel mondo del lusso quando le navi erano ancora interamente realizzate in legno e di proprietà di nobili nel XIX secolo.

### 1.6.1 CRN



Figura 4\_ Stabilimento CRN Ancona

---

<sup>3</sup> Citazione estrapolata da un articolo dei Fratelli Canalicchio azienda di successo nella meccanica di precisione per componenti in ambito nautico e aeronautico

CRN, Costruzioni e Riparazioni Navali, è un cantiere situato ad Ancona la cui storia inizia negli anni '60. Diventa celebre nella realizzazione di imbarcazione caratterizzate da una particolare morfologia della punta a spigolo.

Nel 1999 lo stabilimento viene rilevato dal gruppo Ferretti per la realizzazione di Mega Yacht di Lusso.

# Capitolo II

## Meccanica dei fluidi

La realizzazione dell'elaborato si inserisce nel panorama della progettazione delle future imbarcazioni. Si ritiene pertanto doveroso soffermarsi sui principi che regolano la meccanica dei corpi immersi nei fluidi. La seguente trattazione considererà le leggi fisiche che consentono di tracciare la rotta per la prima fase di progettazione in cui si dimensiona lo scafo le sovrastrutture secondo i requisiti di base.

A governare le leggi di moto con cui le imbarcazioni, che costituiscono gli oggetti di studio come corpi galleggianti sono i principi enunciati da

- Stevino
- Pascal
- Archimede

## 2.1 \_Legge di Stevino

La legge di Stevino sostiene che la pressione che un fluido esercita su un corpo immerso al suo interno rispetta la seguente legge:

La legge è una semplificazione dell'equazione di Eulero per la quantità di moto nel caso di fluido statico espressa nelle coordinate *streamline* in un tubo di flusso delimitato da due linee di corrente in un sistema di riferimento che possieda le seguenti ipotesi di lavoro:

- Fluido incomprimibile
- Fluido irrotazionale
- Regime stazionario
- Flusso monodimensionale attraverso cui si evita di introdurre la notazione vettoriale



- Essere sottoposto ad una forza omogena e costante nel sistema di riferimento <sup>4</sup>

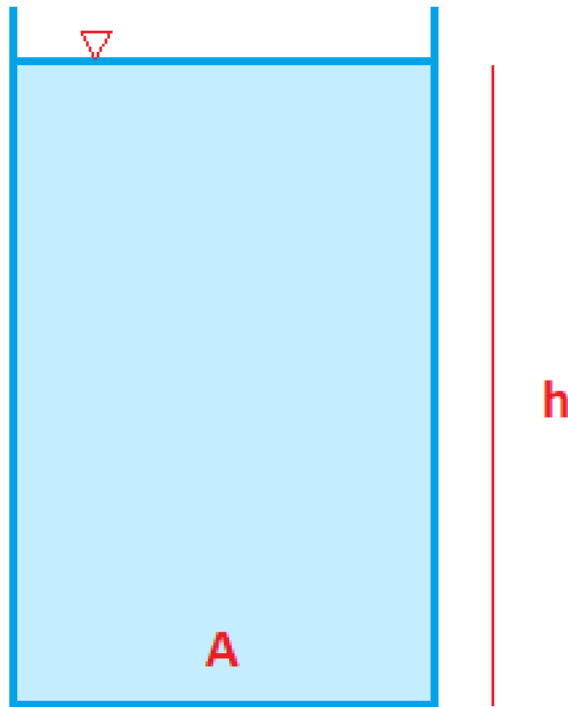


Figura 5\_\_Cilindro contenete acqua con pelo libero

Prendiamo in esame un cilindro che contenete un liquido con aria sul pelo libero luogo di punti di separazione dei due fluidi.

---

<sup>4</sup> Come forza omogena si faccia riferimento al prodotto fra l'accelerazione gravitazionale e la massa del fluido considerato.

Si indicano i seguenti dati:

- $\rho$  = densità caratteristica del fluido
- $h$  = altezza della colonna di fluido
- $A$  = Superficie caratteristica del cilindro
- $g$  = accelerazione gravitazionale terrestre pari a 9,8 [m/s]

Si scrive il bilancio di forze che descrive il sistema soggetto ad una pressione atmosferica  $p_0$

D'ora in poi per rendere agevole la trattazione si indicherà per evocare un esempio della pratica comune, con l'acqua il fluido all'interno del cilindro e con aria atmosferica invece quello sovrastante.

La Forza complessiva  $F_{tot}$  è fornita dalla somma di due componenti:

- Forza peso esercitata dal liquido  $F_{acqua}$
- Forza esercitata dalla aria atmosferica  $F_{aria}$

$$F_{tot} = F_{acqua} + F_{aria} \quad (2.1)$$

Sostituiamo all'espressione:

$$pA = mg + p_0A \quad (2.2)$$

L'espressione della forza peso si scrive come:

$$pA = \rho Ahg + p_0A \quad (2.3)$$

Adimensionalizzando rispetto alla superficie si ottiene

$$p = \rho hg + p_0 \quad (2.4)$$

una legge fondamentale che lega linearmente la pressione all'altezza della colonna liquida per l'accelerazione gravitazionale a cui si somma la pressione atmosferica.

Il primo ad osservare questa relazione fu Stevin da cui la legge prende il nome.

## 2.2 \_ Legge di Pascal

Pascal ebbe l'intuizione di osservare che nei liquidi l'effetto della pressione è diverso rispetto ai solidi, definì infatti, la sua natura scalare come il rapporto fra una forza su una superficie. Il valore della pressione rimane costante e nel sistema internazionale l'unità di misura prende il suo nome [Pa].

Celebre applicazione della legge di Pascal consiste nel torchio idraulico

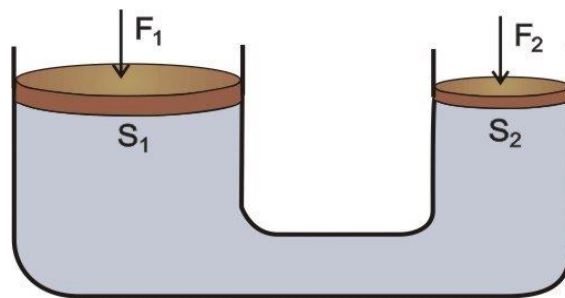


Figura 6\_Applicazione della legge di Pascal Torchio Idraulico

Per il principio di Pascal  $p_1 = p_2$  pertanto si può scrivere la seguente proporzione:

$$\frac{F_1}{S_1} = \frac{F_2}{S_2} \quad (2.5)$$

## 2.3 Spinta di Archimede

La spinta di Archimede è conseguenza dei principi sopra enunciati nella legge di Stevino e nella Legge di Pascal.

L'enunciato afferma che: 'un corpo immerso in un fluido riceve una spinta dal basso verso l'alto e passante per il centro di spinta pari al peso del volume spostato'.



Figura 7\_Spinta di Archimede

Dimostrazione del principio di Archimede:

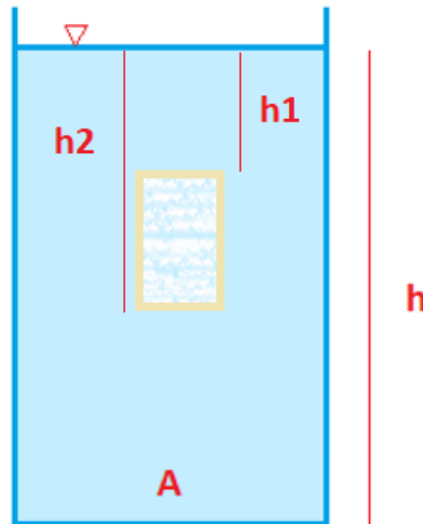


Figura 8\_Corpo immerso nel liquido

Quindi, la forza totale causata dalla pressione del liquido viene espressa come somma dei seguenti contributi:

$$\vec{F}_{tot} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 \quad (2.6)$$

Dal momento che la pressione sulla superficie di dimensioni inferiori è maggiore della pressione che agisce sulla superficie superiore, l'intensità della componente  $F_2$  sarà maggiore rispetto a  $F_1$ . Quindi la forza totale è una forza verticale, diretta verso l'alto e con un modulo dato da:

$$\vec{F}_{tot} = \vec{F}_2 - \vec{F}_1 \quad (2.7)$$

I valori delle forze  $\vec{F}_2$  e  $\vec{F}_1$  sono il risultato del prodotto fra la superficie e i rispettivi livelli pressione sulle quali essa agisce e:

$$F_1 = Sp_1 \text{ e } F_2 = Sp_2 \quad (2.8)$$

A loro volta, le pressioni sono date dalla legge di Stevino:

$$p_1 = p_0 + dgh_1 \text{ e } p_2 = p_0 + dgh_2 = p_0 + dg(h_1 + l) \quad (2.9)$$

$$\begin{aligned} \vec{F}_A &= \vec{F}_2 - \vec{F}_1 = Sp_2 - Sp_1 = S(p_2 - p_1) \\ &= S(p_0 - dgh_1 + dgl - (p_0 + dgh_1)) = \end{aligned}$$

$$S[p_0 + dgh_1 + dgl - p_0 - dgh_1] = Sdgl \quad (2.10)$$

Ma il prodotto  $Sl$  è uguale al volume  $V$  del corpo, quindi troviamo la legge di Archimede:

$$\mathbf{F_A = Sdgl = gd(Sl) = gdV} \quad (2.11)$$





# Capitolo III

## Il Galleggiamento di una nave

Le leggi sopra osservate, valgono nelle condizioni idrostatiche.

In questo capitolo si affronta brevemente la progettazione delle navi intese come corpi galleggianti richiamando alcuni principi di architettura navale al fine di evidenziare l'importanza della stima dei pesi.

La trattazione intende soffermarsi sul concetto dell'esponente di carico.

A realizzazione ultimata, le prove di immersione e di stabilità costituiscono oggetto di particolare attenzione a cui prendono parte diverse figure, fra cui gli ingegneri, responsabili del progetto, gli esponenti dei registri di classe e l'armatore.

Non solo verificano nella pratica la qualità di progettazione ma sono necessarie per ottenere l'approvazione al fine di concludere la consegna all'acquirente.

### 3.1 Cenni di Architettura Navale

L'architettura navale è un settore dell'ingegneria che consiste in due fasi:

- Ideazione calcolo e dimensionamento delle caratteristiche geometriche
- Equilibrio statico
- Equilibrio dinamico

#### 3.1.2 Geometria della nave

L'individuazione delle superfici dei volumi costituisce la fase iniziale del progetto. Successivamente sarà utile un'ottimizzazione della stessa per rispondere ai criteri statici e dinamici.

Nella Figura 9 sono riportati i nomi che definiscono le parti principali dello scafo.

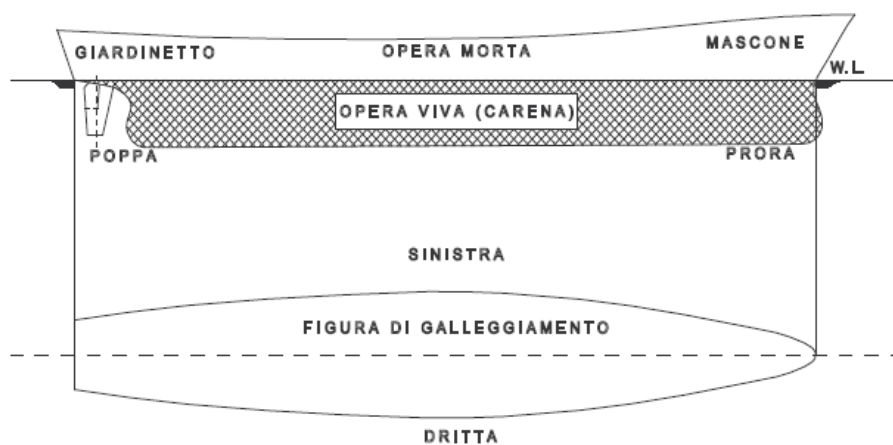


Figura 9\_Nomenclatura generale

La linea del livello dell'acqua divide il solido rispetto al piano trasversale in due principali parti:

- Parte immersa della nave che prende nome di opera viva<sup>5</sup>
- Parte emersa della nave che prende nome di opera morta

Il piano di simmetria o diametrale divide lo scafo che l'elemento che garantisce la tenuta stagna in mare.

Osservando la pianta dell'imbarcazione in Figura 10 si distinguono le seguenti parti:

- Prora: area anteriore
- Poppa: area posteriore

Parte centrale che si divide a sua volta in:

- ❖ Banda a Sinistra
- ❖ Parte Maestra
- ❖ Parte a Dritta

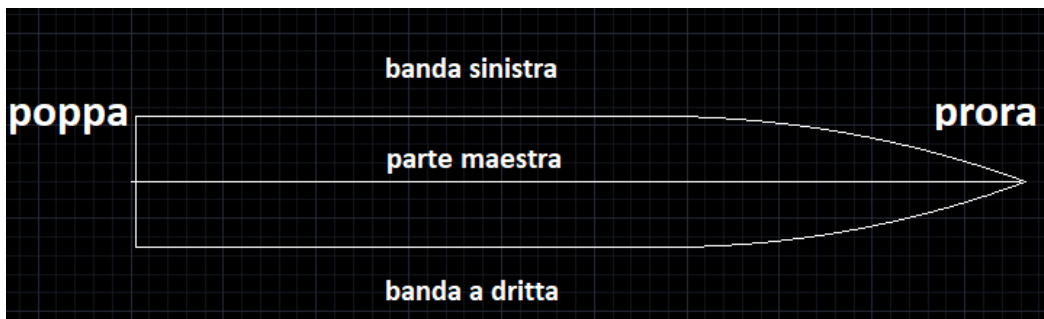


Figura 10\_Pianta nave

---

<sup>5</sup> Definizione storica riportata anche nel testo di Giuliano Rosati sulle nozioni di Architettura Navale

Osservando la Figura 11 la linea di insellatura o cavallino definisce la proiezione sul piano diametrale della nave fra: linea di intersezione della superficie interna di ogni murata con la superficie inferiore del ponte di coperta.

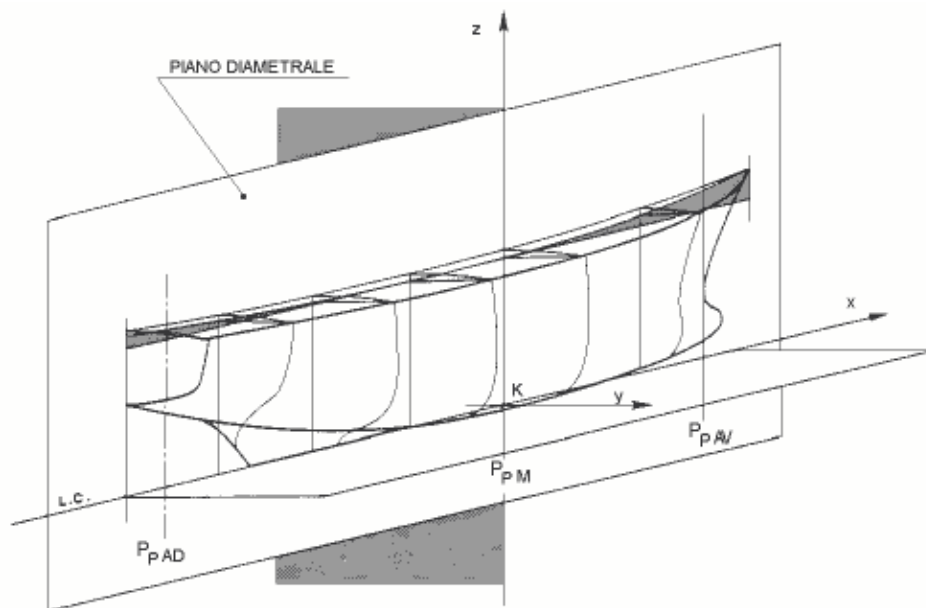


Figura 11\_Geometria scafo in sezione diametrale

Si forniscono alcune importanti definizioni:

- Fasciame: è il rivestimento esterno dell'imbarcazione
- Murate: area fuori dall'acqua ai lati della carena
- Orlo: Consiste in una linea gobba che delimita superiormente le murate dello scafo
- Retta del baglio È la retta orizzontale passante per l'intersezione tra il ponte di coperta

Nella stesura del documento finale, che costituisce elemento di vincolo contrattuale con gli enti di classifica e l'armatore si riporta la brochure sulle specifiche tecniche raggiunte della nave, fra cui:

Caratteristiche generali:

- Yacht type Mono Hull Motor Yacht
- Material Steel Hull/Aluminium Sup.
- Length overall
- Length at water line Beam
- Depth moulded
- Draft full load
- Displacement Lightweight ton
- Displacement Full load ton
- Displacement Trials ton
- Gross tonnage

Caratteristiche di performance:

- Velocità di crociera
- Velocità max
- Motori e specifiche tecniche
- Bow Thruster
- Vento

### 3.1.3 Esponente di Carico

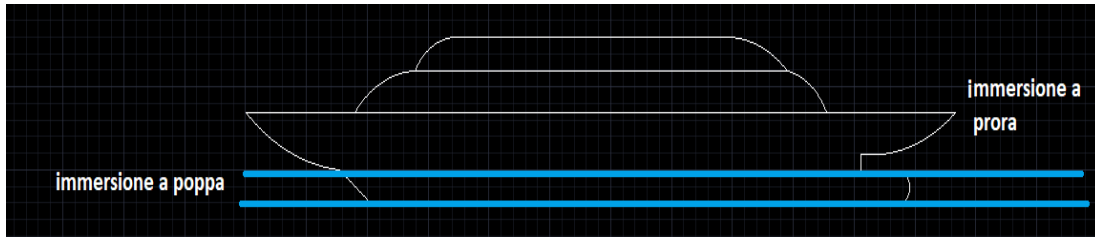


Figura 12\_piani di immersione

Il prospetto in Figura 12 raffigura il dislivello fra la linea di galleggiamento e la linea estrema che delimita il fondo dello scafo che può essere associato al concetto di bordo libero che fa riferimento alla massima immersione della carena nell'acqua durante la navigazione che si raggiunge nella stagione in cui l'acqua registra temperature maggiori.

Il concetto principe attorno al quale il tavolo della progettazione muove le proprie decisioni è l'esponente di carico. Quest ultimo è la differenza fra i due seguenti valori:

- Massimo dislocamento effettuato a carico massimo dove si registrano i valori maggiori
- Minimo dislocamento effettuato a nave scarica dove i livelli di affondamento dello scafo registra i valori inferiori.

Spesso c'è differenza fra il bordo libero di poppa rispetto a quello di poppa pertanto le misure convenzionalmente si realizzano in prossimità del centro di spinta calcolato.

La determinazione dell'esponente è un fattore chiave che merita cura, attenzione e precisione. All'interno dell'algoritmo che ne estrapola il risultato finale si vanno a riportare

- Pesi
- Dimensioni geometriche
- Codici identificativi dell'articolo
- Unità
- Posizioni rispetto al baricentro della nave per ogni asse definendo quindi una:

❖ **XG**

❖ **YG**

❖ **ZG**

Il successo della fase progettuale è strettamente legato a questo parametro per non avere problemi nelle fasi di collaudo quando si effettueranno le prove di stabilità.

A realizzazione ultimata, le prove di immersione e di stabilità costituiscono oggetto di particolare attenzione a cui prendono parte diverse figure, fra cui gli ingegneri, responsabili del progetto, gli esponenti dei registri di classe e l'armatore.

Non solo verificano nella pratica la qualità di progettazione ma sono necessarie per ottenere l'approvazione al fine di concludere la consegna all'acquirente.

## Struttura Generale di uno yacht

Nel piano generale è riportata l'architettura generale di uno yacht.

Generalmente questo segmento di natanti possiede:

\_1 Sub Deck in cui ci sono: Luggage store, laundry, dry store, cold rooms.

\_2 Lower Deck Beach club with wellness area, diving equipment room, engine

room, guest cabins, crew mess/dinette, crew cabins.

\_3 Main Deck Aft cockpits with lounge area, main salon, dining room, pantry,

lobby, day toilet, galley, Guest cabin, staff cabin, rescue boat and tender garage, fore mooring area.

\_4 Upper Deck Aft cockpit, Owner's suite, pantry, lobby, day toilet, living room,

external sitting area, fore external technical area

\_5 Bridge deck Aft cockpit, dining room, captain cabin, staff cabin, pantry, lobby,

wheelhouse.

\_6 Sun deck Jacuzzi and sunbathing area, Emergency Generator room

La nomenclatura riportata fa riferimento alla specifica tecnica realizzata direttamente con terminologia in lingua inglese



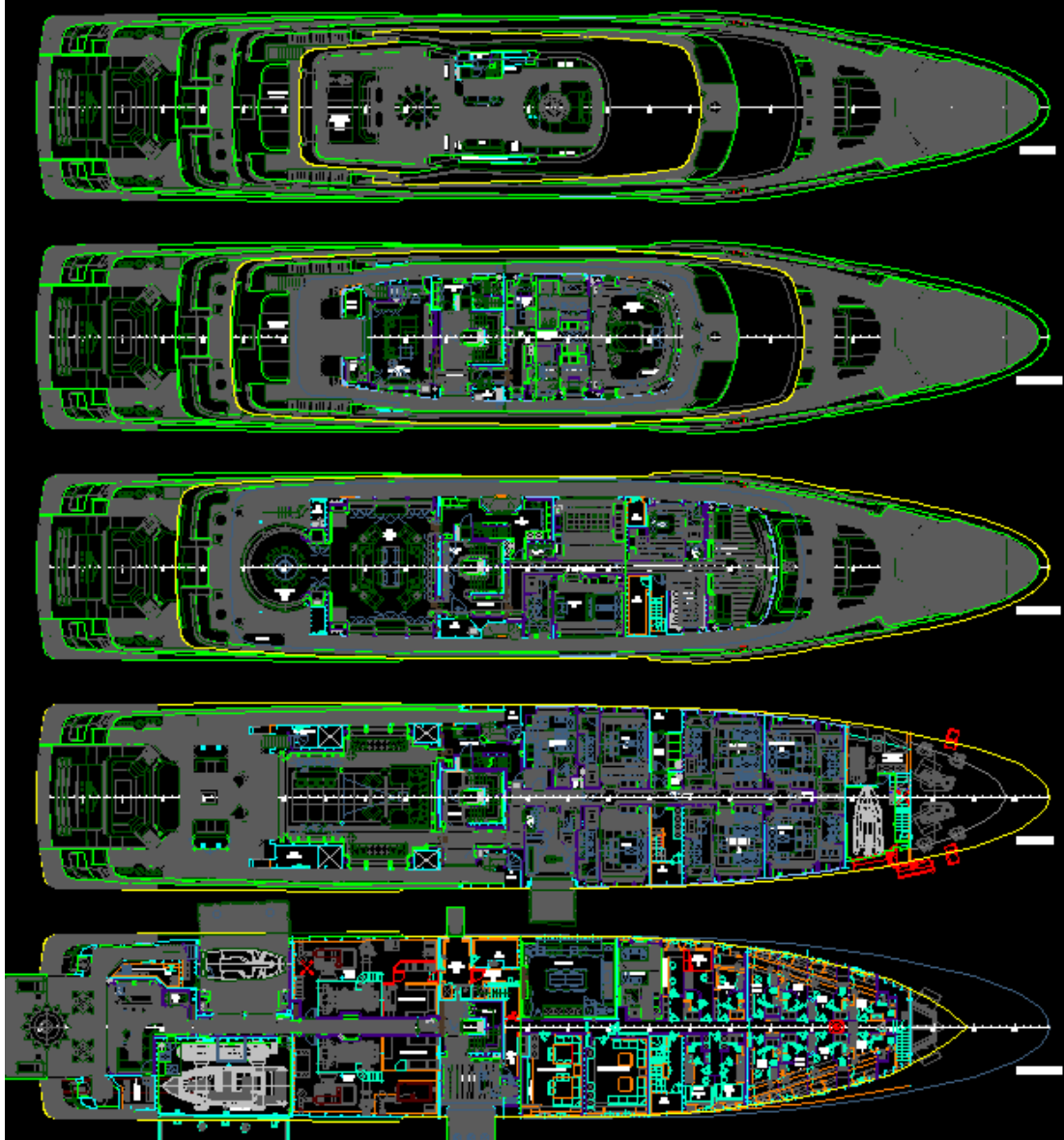


Figura 13\_piante dei piani navali



# Capitolo IV

## Modello Matematico

Dopo essersi soffermati sulla meccanica che spiega i fenomeni del galleggiamento e la struttura generale delle navi si apre la sezione che descrive le leggi caratterizzanti il modello matematico con cui opera l'ambiente di implementazione per la realizzazione delle analisi statistiche.

### 4.1 Regressione Lineare

L'analisi di regressione lineare serve a determinare una relazione di tipo lineare tra due variabili  $X$  e  $Y$ . Se  $X$  è la variabile indipendente (ad es. l'allungamento imposto durante una prova di trazione su un provino), si cerca di verificare se vi è una relazione lineare con la variabile dipendente  $Y$  (ad es. il carico misurato) del tipo:

$$Y = ax + a_0 + \varepsilon \quad (4.1)$$

dove  $\varepsilon$  rappresenta una variabile errore casuale con media nulla

Avendo a disposizione  $y_1, y_2, \dots, y_n$  osservazioni della variabile dipendente corrispondenti a

$x_1, x_2, \dots, x_n$  osservazioni della variabile indipendente, l'obiettivo è quindi quello di trovare i migliori coefficienti  $\hat{a}_0$  e  $\hat{a}_1$  possibili in modo da ridurre lo scarto tra i valori osservati di  $Y$  e quelli stimati.

Lo scarto (quadratico) da minimizzare vale

$$Err^2 = \sum_{i=1}^n (y_i - a_1 x_i - a_0)^2 \quad (4.2)$$

$$\frac{\partial Err^2}{\partial a_0} = -2 \sum_{i=1}^n (y_i - a_1 x_i - a_0) = 0 \quad (4.3)$$

$$\frac{\partial Err^2}{\partial a_1} = -2 \sum_{i=1}^n x_i (y_i - a_1 x_i - a_0) = 0 \quad (4.4)$$

Ponendo uguale a zero le due derivate si ottiene un sistema nelle due incognite  $a_0$  e  $a_1$ , che risolta porta alla conclusione

$$\hat{a}_0 = \frac{\sum y_i \sum x_i^2 - \sum x_i \sum x_i y_i}{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2} \quad (4.5)$$

$$\hat{a}_1 = \frac{n \sum x_i y_i - \sum x_i \sum y_i}{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2} \quad (4.6)$$

$$\varepsilon_i = y_i - \hat{y}_i = y_i - \hat{a}_1 x_i - \hat{a}_0 \quad (4.7)$$

$\hat{a}_0$  e  $\hat{a}_1$  sono i coefficienti della miglior retta interpolante i punti assegnati.

Si calcola quindi l'errore complessivo come la somma degli scarti quadratici: (residual sum of squares, o devianza residua)

$$RSS = Errr^2 = \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2 = \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{a}_1 x_i - \hat{a}_0)^2 \quad (4.8)$$

L'errore standard, che fornisce una misura della dispersione dei punti attorno alla retta, vale

$$S_{(Y|X)} = \sqrt{\frac{RSS}{n-2}} = \sqrt{\frac{\sum (y_i - \hat{y}_i)^2}{n-2}} \quad (4.9)$$

$S_{(Y|X)}$  è quindi una stima della deviazione standard dell'errore.

Definendo invece il TSS (total sum of squares, o devianza totale)

$$TSS = \sum (y_i - \bar{y})^2 \quad (4.10)$$

$\bar{y}$  rappresenta la media di tutti I valori osservati di  $y$

Si arriva a determinare il coefficiente di determinazione

$$R^2 = 1 - \frac{RSS}{TSS} \quad (4.11)$$

$R^2 < 0.5$	correlazione non significativa
$0.5 < R^2 < 0.9$	correlazione lineare modesta
$0.9 < R^2 < 1$	correlazione lineare forte

Tabella 1\_Qualità di correlazione

L' $R^2$ , o coefficiente di determinazione, è una misura della bontà dell'adattamento *fitting* della regressione lineare stimata dai dati osservati.

Euristicamente, l' $R^2$  misura la frazione della variabilità delle osservazioni  $y_i$  che siamo in grado di spiegare tramite il modello lineare. Due importanti *caveat* devono in ogni caso essere tenuti a mente:

L' $R^2$  non misura se effettivamente sussista una relazione (di qualsiasi tipo) tra le  $y_i$  e i regressori, ma soltanto fino a che punto un modello lineare consente di approssimare la realtà dei dati osservati; un modello non lineare, ad esempio, potrebbe meglio rappresentare la relazione tra variabile dipendente e regressori, e presentare un buon potere esplicativo, anche in presenza di un  $R^2$  prossimo allo zero.

È possibile dimostrare che aggiungere regressori al modello non può che incrementare il valore assunto dall' $R^2$ ; ciò non significa che il modello sia migliore, nel senso che meglio catturi i fattori che concorrono a spiegare la variabile dipendente, ma soltanto che il *fitting* è stato reso artificialmente migliore. Al fine di correggere la misura di bontà del *fitting* indicata, in maniera da penalizzare un modello caratterizzato da un gran numero di regressori, certi pacchetti statistici riportano un  $R^2$  corretto.

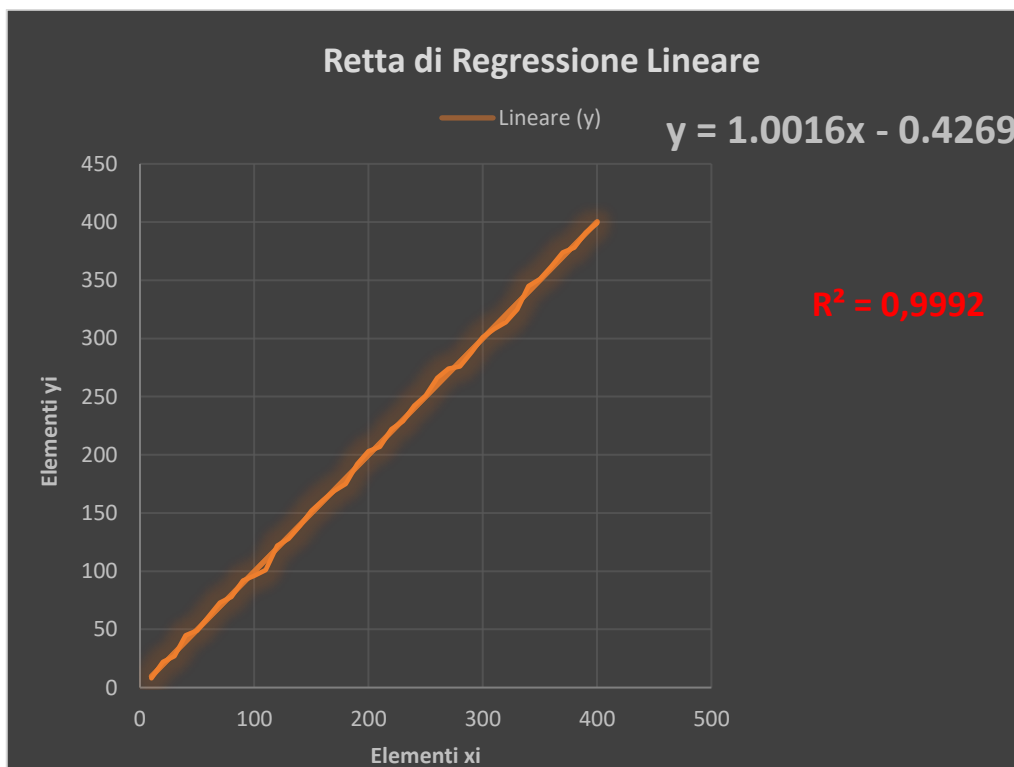


Figura 14 Esempio di retta di regressione

La Figura 14 rappresenta un caso esplicativo del fitting operato dal software di implementazione della regressione statistica che correla le variabili  $x_i$  con quelle osservate  $y_i$ . Di seguito con un grafico di tipo *scatter* a dispersione o *scatter plot* o *scatter graph* un tipo di grafico in cui due variabili di un set di dati sono riportate su uno spazio cartesiano saranno rappresentati tutti i risultati delle analisi.

Sugli assi saranno indicati gli elementi correlati con le rispettive unità di misura.

Viene poi visualizzata il luogo dei punti di regressione tramite una retta di cui è possibile visualizzarne l'equazione.

Il dato più significativo è relativo al coefficiente di determinazione del fitting.



## 4.2 Implementazione in ambiente Excel

Il software in dotazione dall'azienda contemplava l'uso del pacchetto Office, con particolare attenzione su Excel.

### 4.2.1 Funzione Regr LIN

La funzione REGR.LIN calcola le statistiche per una linea utilizzando il metodo dei minimi quadrati per calcolare la retta che meglio rappresenta i dati e restituisce una matrice che descrive la retta.

È inoltre possibile combinare REGR.LIN con altre funzioni per calcolare le statistiche per altri tipi di modelli con parametri sconosciuti lineari, come le serie polinomiali, logaritmiche, esponenziali e di potenze. Dal momento che questa funzione restituisce una matrice di valori, deve essere immessa come formula in forma di matrice. Le istruzioni sono riportate dopo gli esempi di questo articolo.

L'equazione della retta è:

$$y = mx + b \quad (4.2.1)$$

–oppure–

$$y = m_1x_1 + m_2x_2 + \dots + b \quad (4.2.2)$$

in presenza di più intervalli di valori di  $x$ , dove i valori della variabile dipendente  $y$  sono una funzione dei valori della variabile indipendente  $x$ . I valori  $m$  sono coefficienti che corrispondono a ogni valore di  $x$ , mentre  $b$  è una costante. Si noti che  $y$ ,  $x$  e  $m$  possono essere vettori. Il tipo di matrice restituito dalla funzione REGR.LIN è  $\{m_n; m_{n-1}; \dots; m_1; b\}$ . REGR.LIN può inoltre restituire statistiche aggiuntive di regressione

## 4.2.2 Sintassi

La seguente tabella rappresenta le istruzioni<sup>6</sup> utilizzate per implementare la funzione.

Statistica	Descrizione
s1;s2;...;sn	I valori di errore standard per i coefficienti m1;m2;...;mn
sb	Il valore di errore standard per la costante b (sb = #N/D quando <b>cost</b> è FALSO).
r2	Il coefficiente di determinazione. Confronta i valori y stimati con quelli effettivi e può avere un valore compreso tra 0 e 1. Se è uguale a 1, significa che esiste una correlazione perfetta nel campione, ovvero non sussiste alcuna differenza tra il valore stimato e il valore effettivo di y. Se invece il coefficiente di determinazione è uguale a 0, l'equazione di regressione non sarà di alcun aiuto nella previsione di un valore y. Per ulteriori informazioni sulla modalità di calcolo di r2, vedere la sezione "Osservazioni" più avanti in questo argomento.
sy	L'errore standard per la stima di y
F	La statistica F o il valore osservato F. Usa la statistica F per determinare se la relazione osservata tra le variabili dipendenti e indipendenti si verifica per caso.
gdl	I gradi di libertà. Utilizzare i gradi di libertà per trovare i valori critici di F in una tabella statistica. Confrontare i valori trovati nella tabella con la statistica F restituita dalla funzione <b>REGR.LIN</b> per stabilire un livello di confidenza per il modello. Per informazioni sulla modalità di calcolo dei gradi di libertà, vedere la sezione "Osservazioni" più avanti in questo argomento. Nell' <a href="#">esempio 4</a> viene illustrato l'utilizzo di F e dei gradi di libertà.
sqreg	La somma della regressione dei quadrati.
sqres	La somma residua dei quadrati. Per informazioni sulla modalità di calcolo di sqreg e sqres, vedere la sezione "Osservazioni" più avanti in questo argomento.

Tabella 2\_Sintassi della funzione implementata

---

<sup>6</sup> Le istruzioni sono state estrapolate dal sito di supporto di office



# Capitolo V

## Implementazione del modello

### 5.1 Acquisizione dati

La prima fase del processo di implementazione consiste nel redigere uno storico di dati. Mi è stato consentito l'accesso al SAP aziendale.

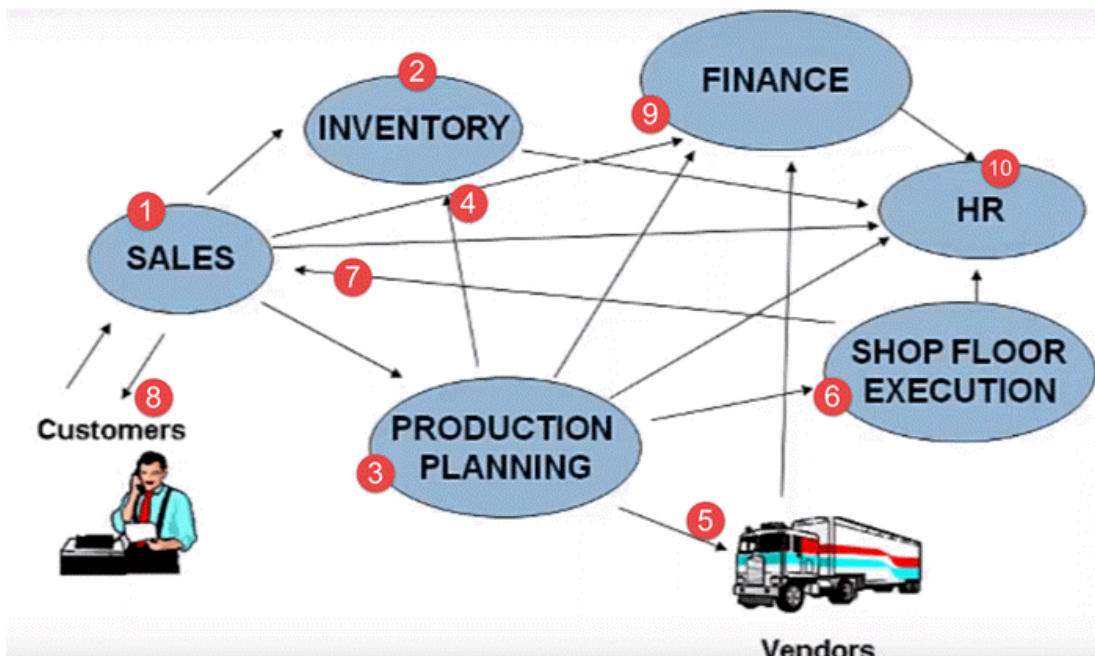


Figura 15 Schema illustrativo del processo alla base del SAP

Il SAP consiste in un software di tipo Enterprise Resource Planning,<sup>7</sup> prodotto dall'omonima casa.

1. Il cliente contatta *il team* di vendita per verificare la disponibilità del prodotto.
  2. Il team di vendita si avvicina al reparto inventario per verificare la disponibilità del prodotto.
  3. Nel caso in cui il prodotto sia esaurito, il team di vendita si avvicina al dipartimento di pianificazione della produzione per fabbricare il prodotto.
  4. Il team di pianificazione della produzione verifica con il reparto inventario la disponibilità di materie prime.
  5. Se la materia prima non è disponibile con l'inventario, il team di pianificazione della produzione acquista la materia prima dai fornitori.
  6. Quindi la pianificazione della produzione inoltra le materie prime all'esecuzione in officina per la produzione effettiva.
  7. Una volta pronto, il team di *Shop Floor* invia la merce al team di vendita
  8. Team di vendita che a sua volta lo consegna al cliente. Il team di vendita aggiorna la finanza con i ricavi generati dalla vendita del prodotto
  9. Il team di pianificazione della produzione aggiorna la finanza con i pagamenti da effettuare a diversi fornitori di materie prime.
-

10. Tutti i dipartimenti si avvicinano alle risorse umane per qualsiasi problema relativo alle risorse umane.

## **5.2 Reperimento delle informazioni**

All'intero del *database* dell'azienda è possibile trovare per ogni imbarcazione qualsiasi informazione:

Dalla lista di ordini e dei fornitori ai piani generali

Dalla progettazione di scafi e sovrastrutture fino ai report sulle simulazioni CFD delle parti della nave in movimento o studi FEM condotti sui componenti meccanici il cui funzionamento è stato supposto critico

La costruzione dell'elenco è avvenuta attraverso la valutazione della documentazione dei fornitori con l'ausilio della documentazione grafica approvata dai registri di classe.

## **5.3 Registri di classe**

I registri di classe sono enti che attribuiscono all'imbarcazione di riferimento una classificazione secondo criteri e requisiti da essi fissati.

Gli yacht per ambire a riconoscenze circa il loro prestigio puntano all'ottenimento della '*Comfort Class*'.

Essere riconosciuti come detentori di tali titoli consolida il blasone di un'azienda esponendosi positivamente sul mercato in cui gli armatori decidono a chi commissionare i futuri progetti.

Durante il periodo trascorso in azienda ho avuto modo di osservare che i principali enti di classe sono:



- Lloyd's Register of British and Foreign Shipping.
- Registro Italiano Navale RINA
- American Bureau of Shipping ABS

## 5.4 Suddivisione in famiglie

Le imbarcazioni esaminate sono state divise nelle seguenti famiglie:

### 1. Portelloni di poppa

Questa tipologia è situata nella parte di poppa della nave.

È spesso installata sul piano del *lower deck* adiacente alla zona destinata alla **beach area**. Ha la funzione di permettere agli ospiti di godere di uno spazio ricreativo dove vivere il contatto ravvicinato con il mare.

I meccanismi di azionamento contemplan quasi sempre una soluzione con apertura a rotazione verso il basso.

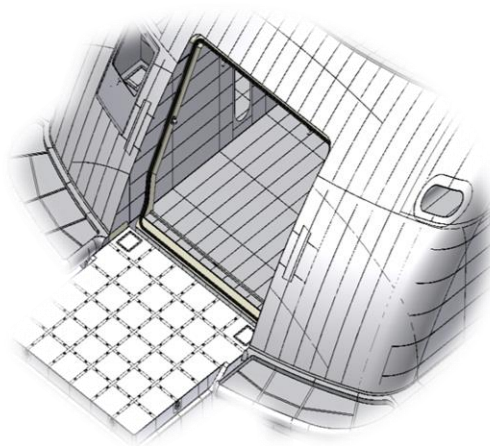


Figura 16\_Portelloni di Poppa

## 2. Portelloni garage below Lower Deck

I portelloni dei garage trovano spazio al di sotto del piano *Lower Deck*. Sono dotati di dimensioni generose e la loro larghezza è la dimensione che si sviluppa in maggior misura. Queste connessioni con l'esterno hanno lo scopo di ospitare all'interno gli oggetti più ingombranti

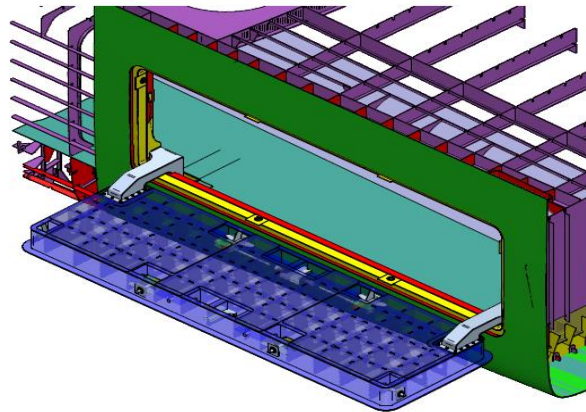
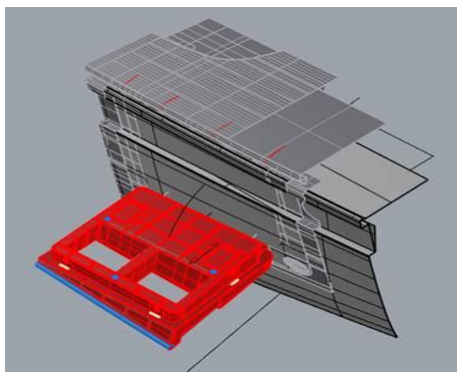


Figura 17\_Portelloni garage below lower deck

## 3. Balcony below Main Deck



Le *balcony* al di sotto del piano principale sono adibite all'utilizzo dell'armatore.

Figura 18\_Balcony below Main Deck

#### 4. Portelloni Trasla Ruota

La sezione delle porte trasla ruota è specificatamente progettata per ospitare all'interno i *rescue boat* pertanto hanno dimensioni considerevoli il meccanismo infatti interpreta le esigenze di una movimentazione di questo componente

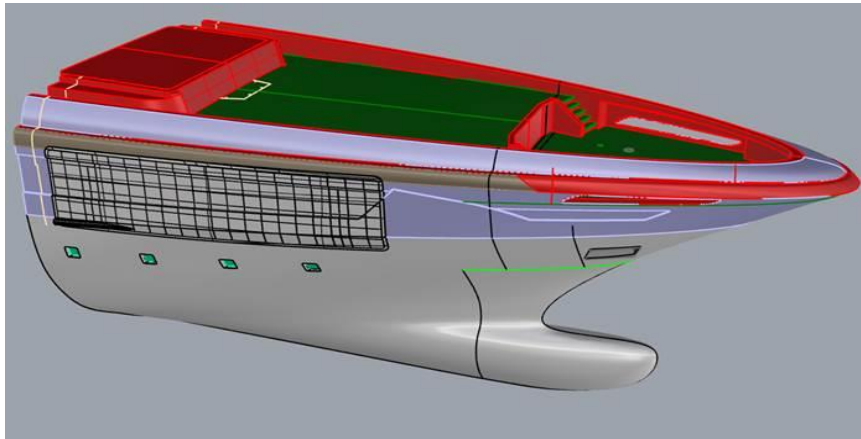


Figura 19\_Portelloni Trasla Ruota

#### 5. Balcony above Main Deck

Lo scopo delle *balcony* sopra al livello del piano principale è di aprire l'ambiente destinato agli ospiti proiettandolo all'esterno, richiede pertanto materiali pregiati con raffinate soluzioni meccaniche e di rifinitura superficiale.

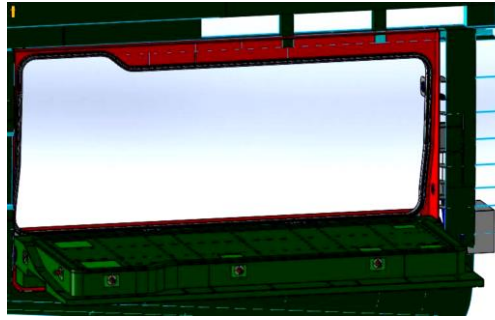


Figura 20\_Balcony above Main Deck

## 6. Porte di imbarco viveri

Le porte di servizio hanno lo scopo di rendere agevole le operazioni di imbarco viveri. Sono caratterizzate da un'ampia gamma di meccanismi di azionamento.

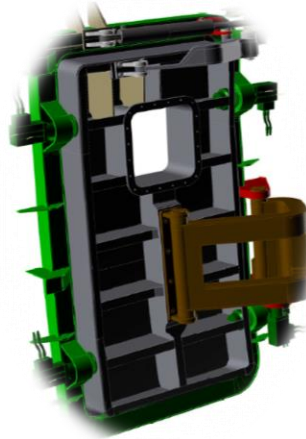


Figura 21\_Porte di imbarco viveri

Per ogni categoria si sono riportate le seguenti voci illustrate.

ID	Hull	LOA[m]	Rules	Supplier	Door material	Interface material	Position / name	Opening		Dimension		Area [m <sup>2</sup> ]	Perimeter [m]
								Type	Direction	L [mm]	H [mm]		

Weight								Coefficients	
Door*				Interface			Machinery	Coefficients di area lineare [Kg/m <sup>2</sup> ]	Coefficiente di perimetro lineare [Kg/m]
Peso portellone acciaio	Peso portellone alluminio	Estimated	Max Scarto	Actual	Estimated	Max scarto	Actual		

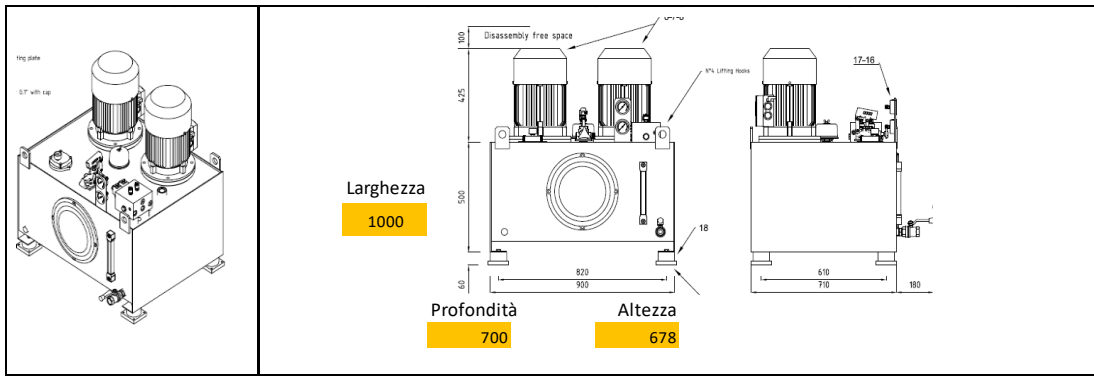
Tabella 3\_Parametri descrittivi dei portelloni

Esse raccolgono i seguenti parametri:

- ID: codice di numerazione
- Hull: Codice identificativo dello scafo del progetto analizzato
- LoA: Length of water line
- Rules: Registro di classe che ha rilasciato la classificazione
- Supplier: Fornitore da cui si è acquistato il prodotto
- Door Material: Materiale di realizzazione del portellone
- Interface Material: materiale con cui si è realizzata l'interfaccia
- Nome generico
- Apertura che si articola in:
  - Tipologia Struttura specifica di azionamento meccanico e idraulico
  - Direzione di apertura esprime la direzionalità con cui il portellone viene aperto e chiuso

- Dimensioni e caratteristiche geometriche:
  - Lunghezza
  - Altezza
  - Area
  - Perimetro
  
- Peso dei componenti:
  - Peso portelloni
  - Peso interfaccia, telaio di ancoraggio della struttura sulla nave per ospitare il portellone
  - Peso meccanismo
  
- Coefficienti di valutazione area e perimetro lineare.

Qualora le informazioni in possesso si fossero dimostrate mancanti o incomplete è stato necessario ricorrere ai file sulle specifiche tecniche di ciascuna nave oppure in ultima istanza attraverso una stima sul modello gaussiano.



Hull	descr	Volume [m <sup>3</sup> ]	Altezza [mm]	Larghezza [mm]	Profondità [mm]	Peso [kg]	Peso stimato	Scarto
132	Hydraulic Power Unit	1.05	1500	1000	700	320	0.0	1.0

Figura 22\_Tool dei sistemi idraulici

Stesse considerazioni effettuate anche per le componenti idrauliche in cui figurano gli indicatori di:

- Hull Codice identificativo dello scafo del progetto analizzato
- Descrizione della tipologia di componente
- Volume
- Altezza
- Larghezza
- Profondità
- Peso
- Peso Stimato



I componenti del sistema idraulico sono:

- Power Unit
- Hydraulic control racks
- Pump
- Portable pump
- Automation panel fore/aft

Per ogni campo di applicazione ci sono diversi requisiti da rispettare. Dato il complesso ed eterogeneo gruppo di elementi occorre guidare lo studio sia sulle basi di criteri modellistici sia declinarsi in funzione delle destinazioni d'uso.

Per ogni funzione che l'elemento è chiamato a svolgere, corrispondono soluzioni strutturali e meccaniche specifiche.

Per fare un esempio basti pensare ai portelloni utilizzati nei garage, in cui figura spesso un meccanismo trasla-ruota che ha necessità di impiego di materiale maggiore rispetto ad altre categorie.



# Capitolo VI

## Risultati

### 6.1 Fattore di correlazione AL\_ST

Prima di procedere all'individuazione delle variabili da stimare è stato necessario determinare un coefficiente che permettesse di correlare i dati sul peso dei portelloni fra i differenti materiali. Principalmente i materiali di realizzazione si distinguono in

- Acciaio
- Alluminio

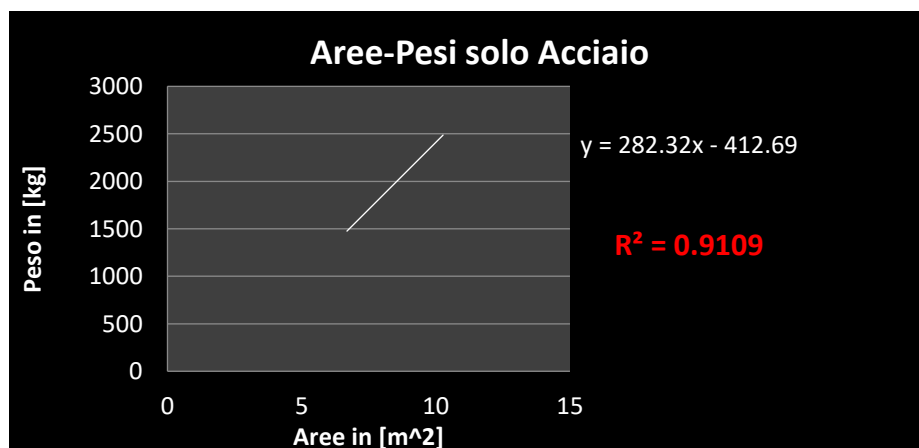


Figura 23 \_Statistica sviluppata solo con elementi in acciaio

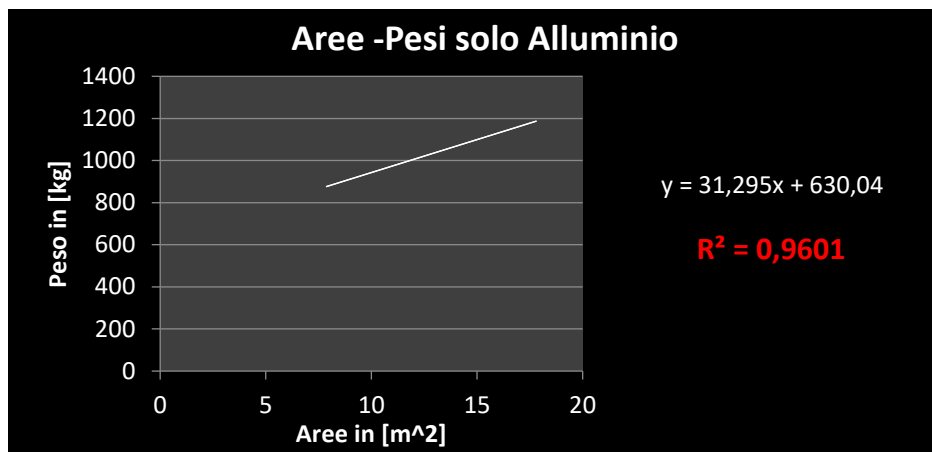


Figura 24 \_Statistica sviluppata solo con elementi in alluminio

Come prevedibile, nella Fig. 23 e Fig. 24 si riportano i risultati delle regressioni statistiche condotte con elementi composti dallo stesso materiale dimostrando un elevato coefficiente di determinazione.

A seconda del costruttore, tuttavia per alcune famiglie di portelloni si possono utilizzare entrambi i materiali.

Nelle immagini successive si è portato alla luce il confronto dei risultati di due ricostruzioni statistiche che utilizzano coefficienti di correlazione diversi fra alluminio e acciaio al fine di considerare entrambi i materiali nella stessa statistica.

In Fig.25 e Fig 26 rispettivamente:

Si è optato nel considerare un legame tra i pesi specifici dei materiali di 0,5.

Si è condotta una massimizzazione della variabile  $R^2$  con l'obiettivo di individuare il numero che meglio legasse gli elementi di una stessa famiglia trovando il valore id 0,3696.

Questo risultato è giustificabile in quanto il rapporto fra i pesi specifici dei materiali dipende dai processi realizzativi e dalle leghe di cui sono composti.

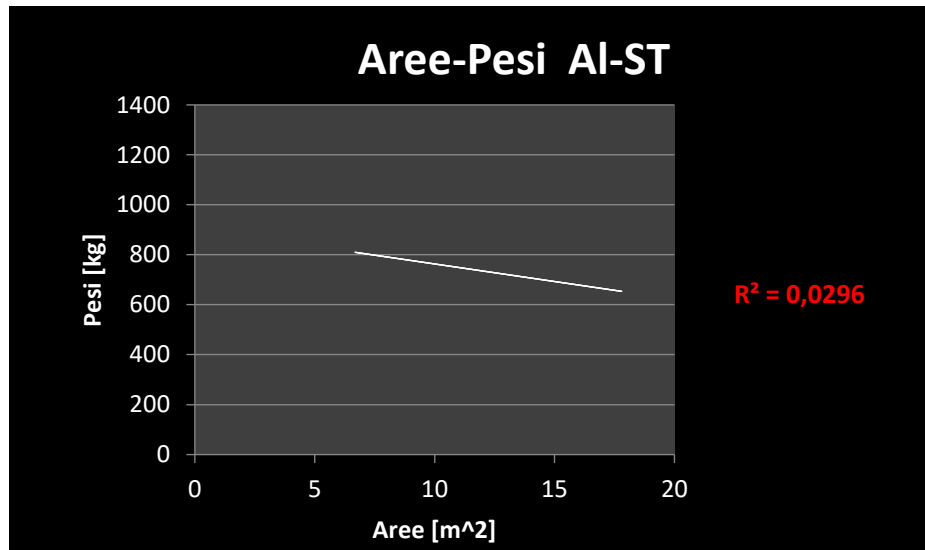


Figura 25 \_ Risultato con fattore di correlazione pari a 0,5

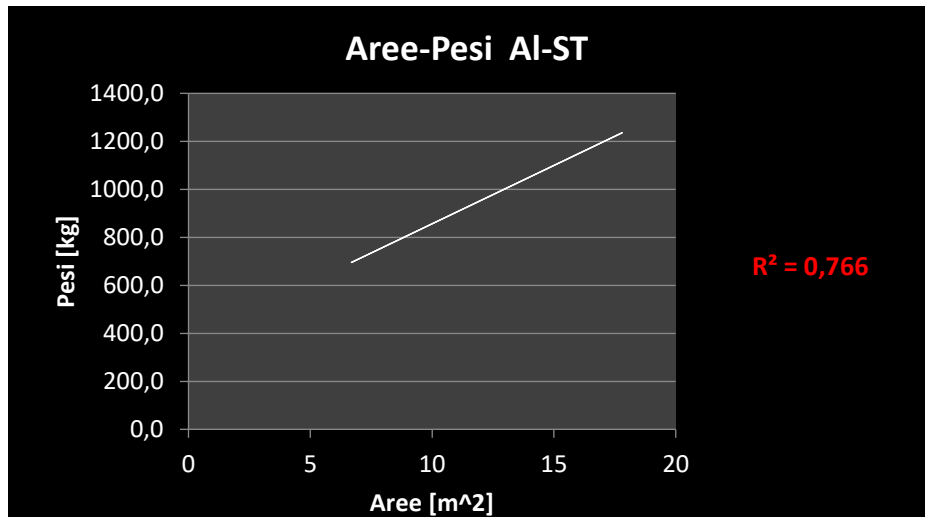


Figura 26 \_ Risultato con fattore di correlazione pari a 0,3696

## 6.2 Individuazione Analisi

L'individuazione delle variabili su cui erigere le fondamenta dello studio ha rivestito un ruolo primario.

A questa fase è stata riservata una particolare attenzione. Essendo stato inserito in un ambiente stimolante e dinamico, da cui le idee si concretizzano in nuovi progetti si è fatta luce sull'esigenza di ottenere con semplici strumenti dati significativi.

La produzione dell'azienda infatti focalizza le proprie risorse su prestigiose opere completamente customizzabili per accontentare i clienti più esigenti.

La progettazione non può quindi seguire i convenzionali percorsi di una produzione in scala con tecnologie e metodologie ben collaudate. Realizzare prodotti *one of a kind* e immergersi in nuove sfide rappresenta un valore aggiunto, che non costruisce solo il successo dell'azienda ma diventa motivo di orgoglio quando queste prendono forma. In tal senso questo lavoro trova la sua collocazione.

Permettere di avere un dato attendibile, reperibile in tempo reale per l'ingegnere rappresenta uno strumento di credibilità con cui in fase preliminare, avere una idea concreta delle richieste da parte dell'armatore.

Come precedentemente osservato, il peso è il parametro principe con cui condurre i dimensionamenti generali e avviare a braccetto le fasi di produzione e progettazione.

La scelta degli elementi da valutare è stata condotta attraverso il

- Coefficiente di significatività  $R^2$
- Obiettivi richiesti dall'azienda
- Utilità e riscontro pratico

Dalla cernita delle analisi sono state estrapolate 3 analisi

- Due per ogni famiglia di portelloni:
  - Regressione Aree-Pesi Portelloni
  - Regressione Perimetri-Pesi Interfaccia
- Una per ogni tipologia di componente idraulico
  - Regressione Volume-Pesi Unità

## 6.3 Regressione Aree-Pesi

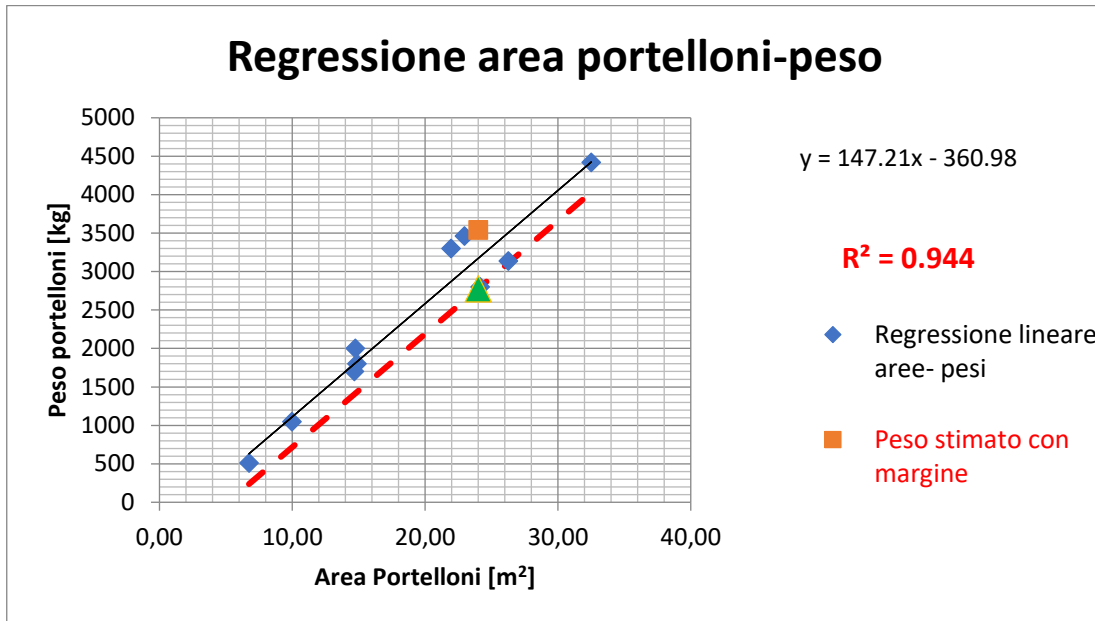


Figura 28 \_Regressioni aree-pesi

Dalla prima regressione si ricostruisce un andamento del rapporto fra le dimensioni geometriche e il peso del componente mentre dalla seconda regressione si evidenzia l'intervento strutturale sull'imbarcazione necessario per ospitare il portellone.

In base alla destinazione di utilizzo cambiano l'opera di installazione comportando un diverso impiego di materiale.

Questa opera è principalmente eseguita con utilizzo di acciaio.

A causa della loro aleatorietà, delle abitudini costruttive seguite dai fornitori e della funzione di utilizzo, non sono stati presi in considerazione i pesi dei sistemi meccanici. Essi sono avulsi da qualsivoglia forma di



significatività statistica pertanto le valutazioni effettuate riconducevano a pessimi coefficienti di regressione.

### 6.3.1 Tool di Calcolo per la Stima dei pesi dei Portelloni

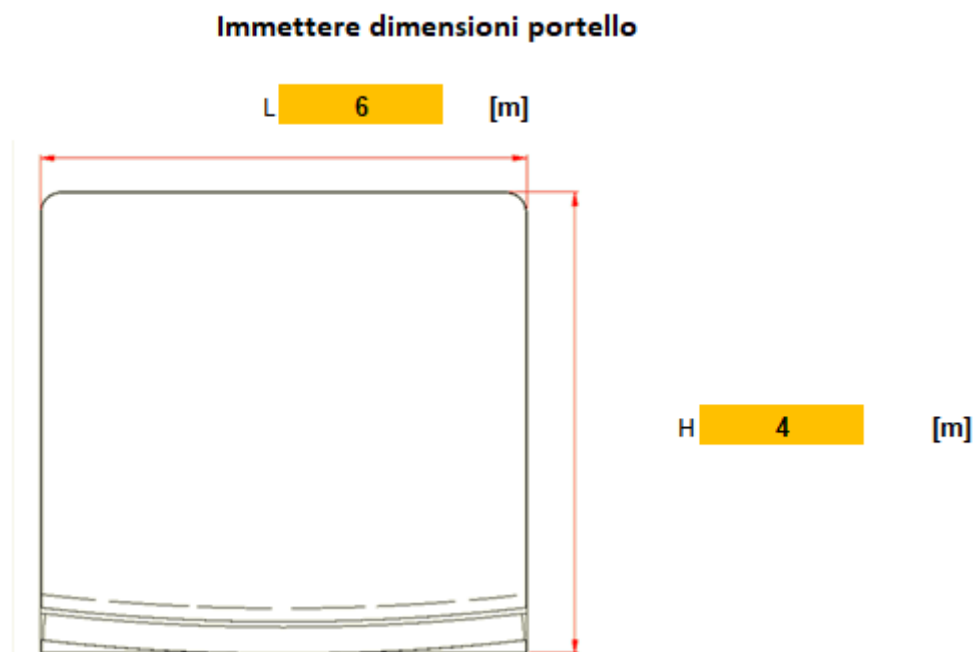


Figura 29 \_Tool in cui immettere le dimensioni

<b><i>Calcolo da retta regressione</i></b>			Peso teorico		Peso Reale ( Saldatura & Spessori) f = <b>5%</b>	
	Area [m <sup>2</sup> ]	Perimetro	Peso portellone (Nesting)	Peso Interfaccia (Nesting)	Peso portellone (Reale)	Peso Interfaccia (Reale)
Stima	24.0	20.0	3,172 kg	766 kg	3,331 kg	804 kg
Stima con Margine**			3,541 kg	907 kg	3,718 kg	953 kg

Figura 30\_ Ambiente di calcolo

Il cuore pulsante dell'elaborato insiste su una interfaccia semplice e intuitiva.

In ambiente Excel si sono creati dei collegamenti che consentono all'utente attraverso l'immissione delle misure di

- Altezza
- Lunghezza

Per mezzo della funzione REGR.LIN sopra menzionata, da cui si ricavano

- m coefficiente angolare
- q intercetta all'origine

si ottiene l'equazione della retta di regressione.

L'area calcolata dalle misure immerse, fornisce la variabile x. A questo punto, conosciute tutte le variabili è facile ottenere il peso stimato: variabile y dall'equazione della retta.

Uno spazio dell'output del tool aggiunge dati che considerano anche il peso con saldatura ed eventuali spessori che influisce sul totale per un 5%.

La stessa logica è stata adottata per la stima dei pesi dell'interfaccia attraverso la variabile controllata del perimetro ottenuta dalle misure immerse; mentre per attribuire una stima sul peso dei sistemi idraulici si ricorre al volume.

I dati ottenuti dalle stime sono stati considerati tenendo conto di un *Safety Margin*.

### 6.3.2 Average SM

In una colonna del foglio elettronico sono stati trattati gli scarti fra gli elementi considerati e la retta di regressione.

In alcuni casi le discrepanze hanno assunto valori elevati pertanto è stato considerato utile, ai fini pratici, mediare tutti i valori di scarto per ogni regressione con una funzione AVERAGE, al fine di ottenere un valore di *Average SM*

Quest'ultimo fornisce di fatto una stima cautelativa illustrato nell'immagine.

	Weight			Weight		
	Door*			Interface STEEL		
	Real	Estimated	Max Scarto	Real	Estimated	Max scart
	4420.00	4424.6417	0.00	800	848	6E-02
	3140.00	3504.8739	0.12	750	786	5E-02
	3465.00	166.10062	0.95	933	748	2E-01
	3300.00	2871.8424	0.13	550	759	4E-01
	2800.00	3194.7898	0.14	690	722	5E-02
	1800.00	1825.3918	0.01	660	670	1E-02
	2000.00	1808.9334	0.10	550	556	1E-02
	1050.00	1106.4482	0.05	0	622	
	1700.00	1798.0326	0.06	1600	1563	2E-02
	510	1195.0556	1.34	750	561	3E-01
	1037.54	1037.54	0.00	979	862	3E-01
	1170.03	1170.03	0.00	963	812	3E-01
	1308.41	1308.41	0.00	947	631	3E-01
	1452.68			931		
	1602.84			914		
	1758.88	1758.88	0.00	898	670	3E-01
	1920.82			882		
	2088.64			866		
	2262.35	2262.35	0.00	850	709	2E-01
	2642.16			812		
	2988.11	2988.11	0.00	780	760	2E-02
	3348.78			747		
	3724.17			715		
	4114.29	4114.29	0.00	682	844	2E-01
	4519.12			650		
Correlazione AL_ST			134%			
F=	0.369	Average	0.12		Average	0.18

Figura 31\_ Safety Margin

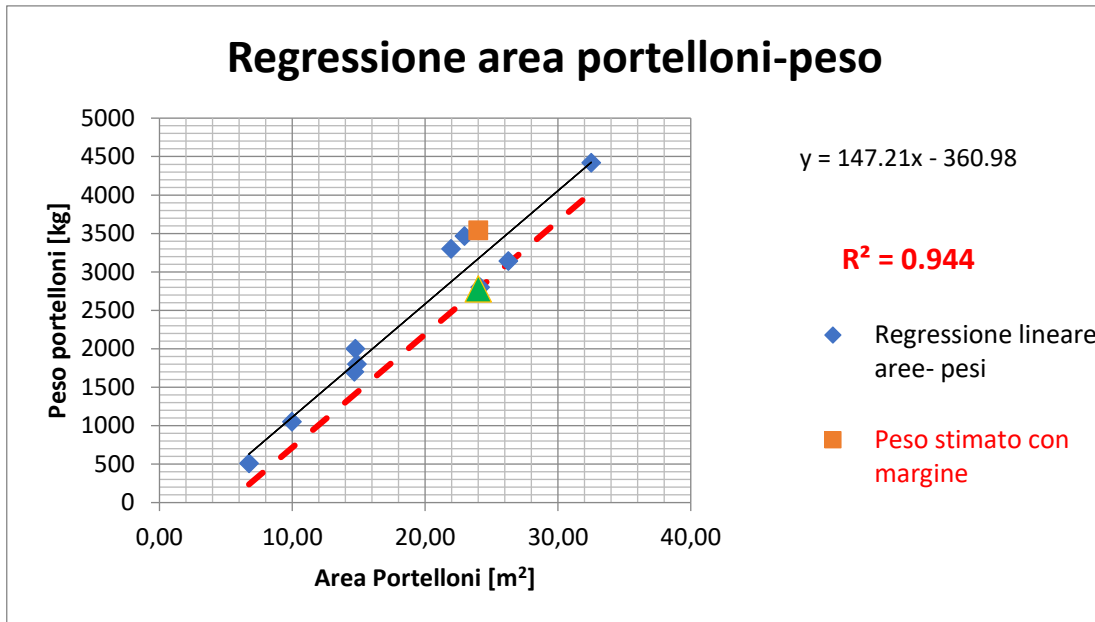


Figura 32\_Regressione area peso portelloni

Per rendere il lavoro ancora più versatile si è preso in considerazione di legare le stime sui portelloni futuri a quelli relative ad uno specifico progetto.

Si apre quindi la trattazione che analizza la logica di calcolo del secondo tool di calcolo

## 6.4 Regressione Perimetri- Pesì interfaccia

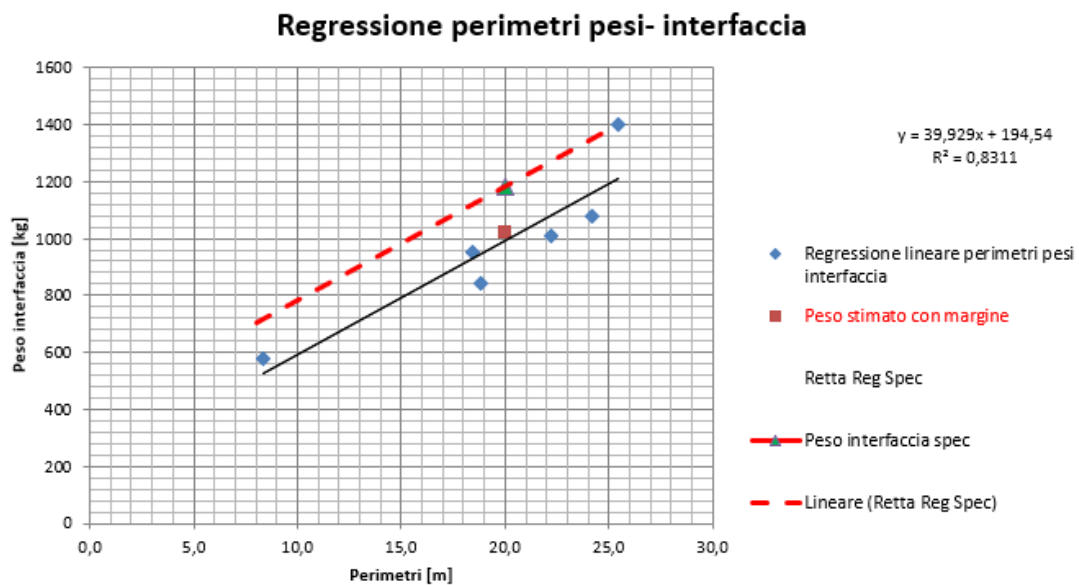


Figura 33 \_Regressione pesi interfaccia

Ritenuta di interesse statistico, ma soprattutto di forte riscontro pratico la sezione di regressione fra i pesi dell'interfaccia dei portelloni con il perimetro degli stessi non ha trovato terreno fertile nei modelli matematici. Questo settore di ricerca infatti è quello più di altri che restuisce esigue attendibilità statistiche.

## 6.5 Regressione Volumi pesi sistemi idraulici

Per completare l'analisi sono stati valutati i sistemi idraulici che costruiscono gli accessori di azionamento dei portelloni.

Essi sono contraddistinti da elevati coefficienti di determinazione motivati dalla bassa aleatorietà riscontrabile per una tipologia di dispositivi il cui peso è funzione spesso solo esclusivamente legato alla dimensione.

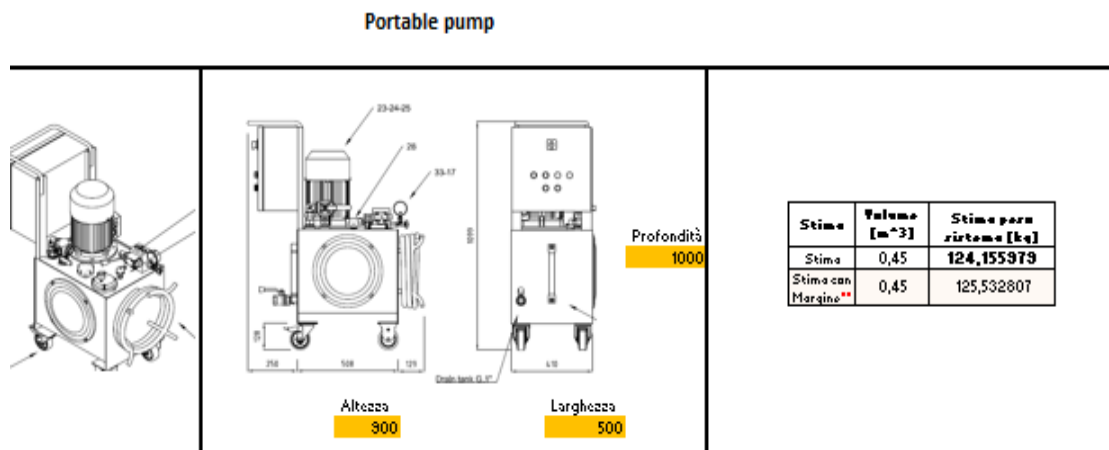


Figura 34 \_Tool del Sistema di calcolo del peso delle pompe dei sistemi idraulici.

## 6.6 Tool di Calcolo per la stima dei pesi tarata su uno specifico elemento

Pensando alla fase di ideazione, è stato reputato proficuo suggerire una linea di stima tarata su quella di uno specifico componente che condividesse le stesse esigenze

- Di destinazione
- Progettuali
- Funzionali
- Dimensionali in relazione alla stazza e alle dimensioni richieste dal cliente

ID	Hull	Area [m <sup>2</sup> ]	Perimetro [m]	Peso portellone	Peso Interfaccia	Peso portellone	Peso Interfaccia
esempio	esempio	24	20	3,172 kg	766 kg	3,331 kg	804 kg
5	CRN 135	24.15396	20.078	2,777 kg	688 kg	2,916 kg	723 kg

Tabella 4 \_Tool di calcolo

Questa volta per procedere si è intervenuti utilizzando il coefficiente angolare della retta valutato con la funzione REGR.LIN ma forzata a passare per un punto.

Il punto considerato corrisponde ad un portellone già presente nello storico sul quale imbastire un approfondimento.

Il dato che otteniamo, condividerà la stessa variabile di input, traslata di una ordinata su una retta parallela dove giace l'elemento sotto indagine.

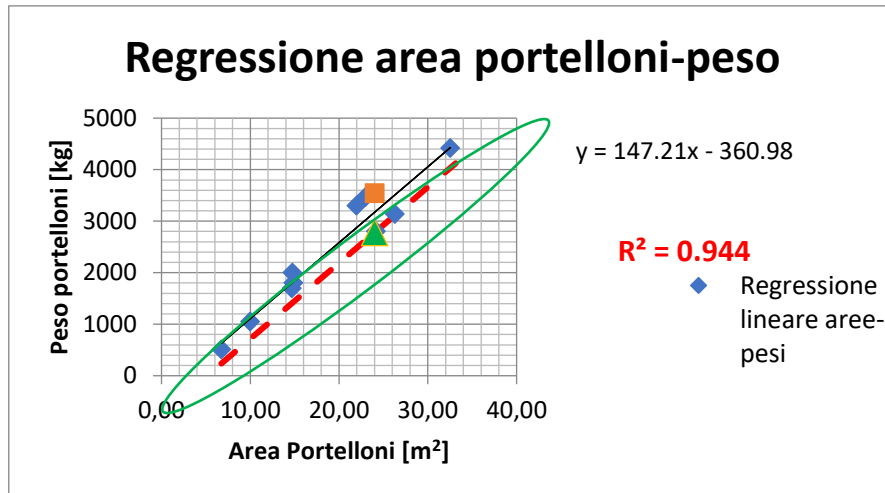


Figura 35 \_Regressione tarata su un progetto specifico

Nella Fig.35 è stata evidenziata la retta di regressione parallela a quella di stima del peso che passa per un punto che individua uno specifico portellone.

Nel programma è stata adottata una composizione di funzioni Confronta e Indice che appartengono entrambe alla categoria delle Funzioni di Ricerca e Riferimento.

L'utilizzo delle due Funzioni combinate assieme offre una valida e potente alternativa alla più nota Funzione Cerca Verticale che consente di cercare un valore contenuto nella prima colonna di una tabella matrice e restituire un valore nella stessa riga di una specificata colonna.



# Capitolo VII

## Analisi dei risultati

### 7.1 Confronto della significatività statistica Aree\_pesi Portelloni

Famiglia componenti	Fattore R <sup>2</sup>
Portelloni di poppa	0.944
Portelloni Garage below LD	0.813
Portelloni above main deck	0.7231
Portelloni garage trasla ruota	0.64
Balcony below MD	0.267
Service	0.7241

Tabella 5 Confronto delle analisi

Il carattere delle analisi svolte è puramente sperimentale. Portelloni di poppa a parte, che per la loro intrinseca natura e per loro impiego manifestano una forte correlazione statistica, come atteso i portelloni trasla ruota riportano valori di correlazione mediocri perché in questi è

forte l'aleatorietà di realizzazione costruttiva che viene diversificata per ogni tipologia di imbarcazione.

La famiglia di portelli *balcony below MD* è tuttavia quella che fornisce peggiori risultati. Una plausibile spiegazione è che su due modelli di imbarcazione sono state effettuate specifiche scelte in funzione del loro impiego.

Eliminando dallo storico il portellone relativo al Pershing1 (PHG01) che adotta un meccanismo trasla-ruota, e il portellone della C137 di questa famiglia che al contrario concentra il peso sulla struttura portante del portellone anziché sulla meccanica si ottiene un netto miglioramento:

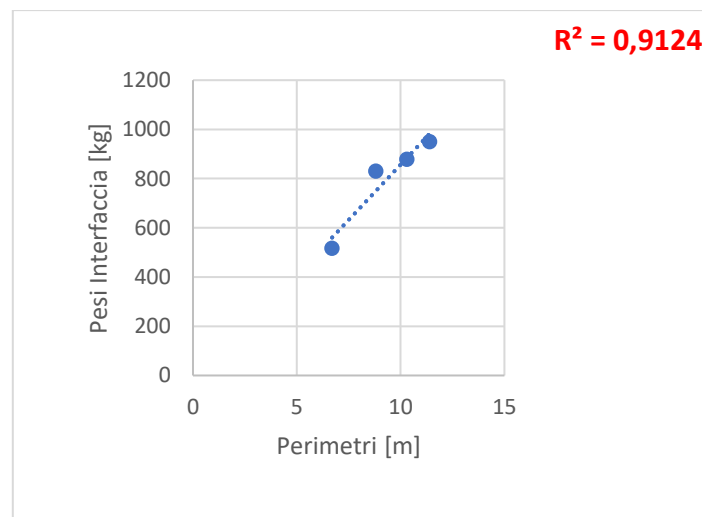


Figura 36\_Fattore di determinazione portelloni balcony MD corretto

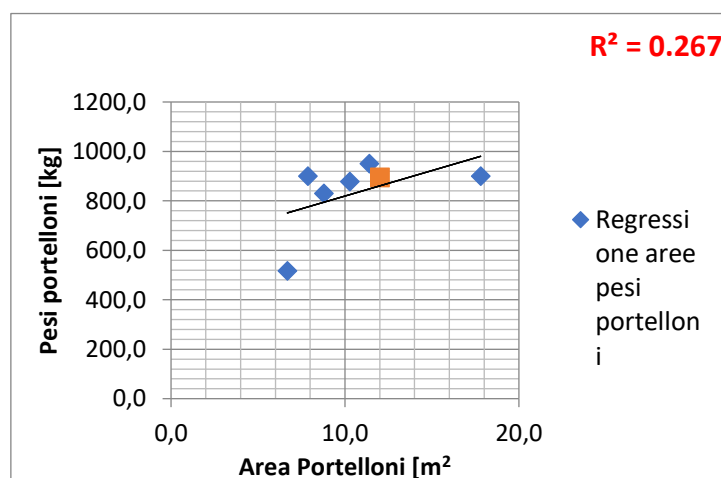


Figura 37\_Fattore di determinazione portelloni balcony MD originario

## 7.2 Confronto della significatività statistica Perimetri\_pes interfaccia Portelloni

Famiglia componenti	Fattore R <sup>2</sup>
Portelloni di poppa	0.2276
Portelloni Garage below LD	0.8311
Portelloni above main deck	0.0016
Portelloni garage trasla ruota	0.4158
Balcony below MD	0.2086
Service	0.3216

Tabella 6 confronto delle analisi

Le principali cause di questi risultati sono imputabili alle necessità di adeguare la struttura ospitante del componente all'imbarcazione che in ogni caso merita una soluzione dedicata.

Sebbene dal punto di vista statistico si osservano risultati mediocri, l'analisi condotta migliorerà la sua attendibilità in virtù di un numero di campioni via via crescente.

Come previsto, l'esito del confronto statistico fra le variabili dei sistemi idraulici porta ottimi traguardi.

Dalle dimensioni immesse si otterrà una stima di peso attendibile, bypassando la fase di contatto dei fornitori e acquisizione

## **7.2 Conclusioni e Sviluppi futuri**

Valutando il confronto delle significatività statistiche insieme agli scopi con cui l'analisi è stata condotta, il modello matematico è stato lasciato semplice, tuttavia si può ricorrere all'utilizzo di una regressione multipla in cui le variabili esplicative sono più di una e le relative elaborazioni bisogna necessariamente effettuarle attraverso una generalizzazione.

L'obiettivo e la validità del lavoro eseguito troverà la propria dimensione in un contesto più articolato nel tempo. Tanto più il numero di imbarcazione arricchirà il numero di campioni tanto più l'attendibilità e l'affidabilità delle stime elaborate accresceranno la loro validità.

Nell'evoluzione dei tool di calcolo si osserveranno quanti vantaggi può offrire un'implementazione matematica più complessa oppure se solamente con uno storico più corposo si potranno migliorare i risultati delle analisi statistiche principalmente per quanto concerne la sezione che correla i pesi delle interfacce dei portelloni con i rispettivi perimetri.

Il metodo di analisi inoltre potrà essere esteso ad altri componenti della nave.

Le finalità dell'elaborato si inseriscono nella volontà di individuare uno strumento disponibile per la piattaforma dell'area tecnica del cantiere responsabile della presa in carico dei nuovi progetti che possa fornire delle idee guida per la progettazione.



# Bibliografia, Sitografia e Fonti di Riferimento

- i. [https://it.wikipedia.org/wiki/Royal\\_Navy](https://it.wikipedia.org/wiki/Royal_Navy)
- ii. [https://it.wikipedia.org/wiki/Settimana\\_di\\_Cowes](https://it.wikipedia.org/wiki/Settimana_di_Cowes)
- iii. <https://it.wikipedia.org/wiki/Panfilo>
- iv. <https://www.yachtsaildesign.com/storia-dello-yacht-era-moderna/>
- v. <https://www.yachtsaildesign.com/la-storia-dello-yacht-antichita/>
- vi. <https://www.loc.gov/item/2001706281/>
- vii. <http://www.canalicchio.com/2019/10/30/i-cantieri-nautici-che-hanno-fatto-la-storia-delle-barche-italiane/>
- viii. <https://support.office.com/it-it/article/regr-lin-funzione-regr-lin-84d7d0d9-6e50-4101-977a-fa7abf772b6d>
- ix. [https://online.scuola.zanichelli.it/amaldifiles/Cap\\_6/Archimede\\_Cap6\\_.pdf](https://online.scuola.zanichelli.it/amaldifiles/Cap_6/Archimede_Cap6_.pdf)
- x. [https://it.openprof.com/wb/fluidostatica\\_legge\\_di\\_stevino\\_legge\\_di\\_pascal?ch=571](https://it.openprof.com/wb/fluidostatica_legge_di_stevino_legge_di_pascal?ch=571)
- xi. <http://web.tiscalinet.it/iltempolibero/modellismo/navi/struttura.html>
- xii. <https://www.valterborsato.it/excel/matrici/confronta-indice/confronta-indice.html>
  
- xiii. Fratelli Canalicchio. (s.d.). <http://www.canalicchio.com/2019/10/30/i-cantieri-nautici-che-hanno-fatto-la-storia-delle-barche-italiane/>.
  
- xiv. (Giuliano, 2004) Nozioni di Architettura Navale ,2004 Livorno