

POLITECNICO DI TORINO

Corso di Laurea Magistrale in INGEGNERIA GESTIONALE

Tesi di Laurea Magistrale



**ANALISI TECNICO-ECONOMICA PER L'ACQUISTO DI UN
RIMORCHIATORE A SUPPORTO DELLE NAVI PETROLIFERE IN
ARABIA SAUDITA**

Relatore

Professor Maurizio Galetto

Candidata

Elisa Piazza

Anno accademico: 2021/2022

Sommario

| | |
|---|----|
| INTRODUZIONE..... | 3 |
| 1. L'ALGORITMO Q-BENCH..... | 6 |
| 1.1. INTRODUZIONE DELL'ALGORITMO..... | 6 |
| 1.2. LE TECNICHE MCDA (Multiple Criteria Decision Aid)..... | 6 |
| 1.3. ELECTRE II..... | 7 |
| 1.4. CONCETTO DI SURCLASSAMENTO..... | 8 |
| 1.5. TEST DI CONCORDANZA..... | 9 |
| 2. FUNZIONAMENTO DELL'ALGORITMO Q-BENCH | 10 |
| 2.1. PASSI DELL'ALGORITMO | 10 |
| 2.2. MODELLIZZAZIONE DELLE PREFERENZE | 11 |
| 2.3. RIDUZIONE DEL DOMINIO DI RICERCA | 12 |
| 2.4. INIZIALIZZAZIONE | 12 |
| 2.5. TEST DI VERIFICA | 13 |
| 2.6. GENERAZIONE DELLA SOLUZIONE I-ESIMA..... | 14 |
| 3. SOMAT..... | 15 |
| 3.1. CHI E' LA SOMAT | 15 |
| 3.2. SERVIZI OFFERTI DALLA SOMAT | 16 |
| 3.2.1. RIMORCHIO PORTUALE..... | 17 |
| 3.2.2. TIPOLOGIE DI RIMORCHIATORI | 19 |
| 4. CASA DELLA QUALITÀ..... | 20 |
| 4.1. REQUISITI DEL CLIENTE | 20 |
| 4.1.1. MULTIFUNZIONALITÀ..... | 20 |
| 4.1.2. SICUREZZA | 21 |
| 4.1.3. STABILITÀ | 21 |
| 4.1.4. MANOVRABILITÀ | 21 |
| 4.1.5. AREA OPERATIVA..... | 21 |
| 4.1.6. QUALITÀ | 21 |
| 4.1.7. ABITABILITÀ..... | 22 |
| 4.2. IMPORTANZA ASSOLUTA E RELATIVA DEI BISOGNI | 22 |
| 4.2.1. LIVELLO DI IMPORTANZA DEI REQUISITI..... | 22 |
| 4.2.2. IMPORTANZA RELATIVA DEI BISOGNI..... | 24 |
| 4.3. CARATTERISTICHE TECNICHE DI UN RIMORCHIATORE..... | 26 |
| 4.3.1. ESEMPIO DI SEZIONI DI UNA SPECIFICA TECNICA | 26 |
| 4.3.2. CARATTERISTICHE TECNICHE PRINCIPALI | 30 |
| 4.4. MATRICE DELLE RELAZIONI..... | 38 |

| | | |
|--------|--|-----|
| 4.4.1. | RELAZIONI TRA CARATTERISTICHE TECNICHE E REQUISITI | 39 |
| 4.5. | TETTO DELLA CASA DELLA QUALITA' | 46 |
| 4.6. | ORDINAMENTO DELLE CARATTERISTICHE TECHICHE..... | 47 |
| 4.7. | VALORI DELLE DIVERSE CARATTERISTICHE | 49 |
| 5. | ALGORITMO Q-BENCH | 54 |
| 5.1. | ANALISI DEI COMPETITORS..... | 54 |
| 5.1.1. | Caratteristiche tecniche del rimorchiatore "Vastaso" | 54 |
| 5.1.2. | Caratteristiche tecniche del rimorchiatore "Elisabetta I" | 55 |
| 5.1.3. | Caratteristiche tecniche del rimorchiatore "Baia" | 55 |
| 5.1.4. | Caratteristiche tecniche del rimorchiatore "Ashdod" | 56 |
| 5.1.5. | Caratteristiche tecniche del rimorchiatore "Luisa Neri" | 56 |
| 5.2. | GENERAZIONE DELLA SOLUZIONE..... | 57 |
| 5.2.1. | APPLICAZIONE DELLA PRIMA SOLUZIONE..... | 57 |
| 5.2.2. | CONFRONTO CON GLI ALTRI RIMORCHIATORI..... | 63 |
| 5.2.3. | APPLICAZIONE DELLA SECONDA SOLUZIONE | 65 |
| 5.2.4. | CONFRONTO CON GLI ALTRI RIMORCHIATORI..... | 66 |
| 5.2.5. | APPLICAZIONE DEGLI STEP SUCCESSIVI ALL'ALGORITMO Q-BENCH | 68 |
| 6. | ANALISI DEI COSTI E DEI RICAVI CHE GENERA UN RIMORCHIATORE..... | 75 |
| 6.1. | COSTI E RICAVI DI UN RIMORCHIATORE CHE SODDISFA I REQUISITI DELLA SOLUZIONE 12 | 75 |
| 6.2. | COSTI E RICAVI DI UN RIMORCHIATORE CHE SODDISFA I REQUISITI DELLA SOLUZIONE 13 | 81 |
| 6.3. | CONFRONTO TRA LA SOLUZIONE 12 E LA SOLUZIONE 13 | 83 |
| 7. | ANALISI DELL'INVESTIMENTO | 84 |
| 7.1 | INDEBITAMENTO DELLA SOMAT..... | 85 |
| 7.2 | RICAVI DELLA SOMAT | 87 |
| 7.3 | COSTI DELLA SOMAT | 89 |
| 7.4 | UTILE DI ESERCIZIO DELLA SOMAT..... | 91 |
| 7.5 | FLUSSI DI CASSA DELLA SOMAT | 93 |
| | CONCLUSIONI | 95 |
| | BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA..... | 97 |
| | APPENDICE | 99 |
| | RINGRAZIAMENTI | 103 |

INTRODUZIONE

Attraverso questo elaborato, "ANALISI TECNICO-ECONOMICA PER L'ACQUISTO DI UN RIMORCHIATORE A SUPPORTO DELLE NAVI PETROLIFERE IN ARABIA", si descrivono i passi per la definizione di un "Rimorchiatore Ideale", per la Società Somat, da impiegare nei porti Arabi, a supporto delle petroliere.

Questo elaborato è suddiviso in sette capitoli. I primi due prevedono l'introduzione dell'Algoritmo Q-Bench ed il suo funzionamento.

Per l'individuazione di un rimorchiatore "ideale", conforme alle richieste esterne, si è analizzata inizialmente la Casa della Qualità e, dopo, l'Algoritmo Q-Bench, utilizzato in fase di progettazione di un prodotto oppure di un servizio. Si tratta di tecniche MCDA (Multi-Criteria Decision Analysis), ovvero delle tecniche che permettono l'ordinamento di opzioni, dalla più favorevole alla meno favorevole, che funzionano all'interno del QFD. Il QFD (Quality function deployment) è uno strumento utilizzato per la gestione della qualità e ripone l'attenzione delle aziende verso la qualità, principalmente in fase di progettazione di un prodotto o di un servizio. Ha il compito di progettare il prodotto o il servizio secondo le funzioni d'uso attese dal cliente.

La Casa della Qualità viene utilizzata per trasformare le esigenze del cliente in specifiche tecniche, al fine di realizzare e/o migliorare i prodotti o i servizi. È suddivisa in diverse "stanze": si parte dalla prima stanza che identifica la Voce del Cliente, ovvero quali sono i "bisogni del cliente". Dopo aver definito i diversi bisogni del cliente, si possono individuare quali sono le Caratteristiche tecniche del prodotto/servizio che impattano su questi. Si individua la correlazione tra bisogni e caratteristiche tecniche ed in seguito l'importanza attribuita ad essi. Va indicato che, per ogni specifica, bisogna indicare la direzione verso cui deve "tendere" per ottenere un risultato migliore. Infatti ci sono specifiche tecniche per le quali, maggiore è il loro valore, maggiore sarà la soddisfazione del cliente. Per altre specifiche tecniche è invece preferibile avere un valore inferiore. Maggiore è la correlazione tra bisogno del cliente e specifica tecnica, maggiore sarà il grado di soddisfazione del cliente, in seguito ad una variazione del suo valore. Va ricordato inoltre che la correlazione può essere presente anche tra le diverse caratteristiche tecniche. Per ogni Specifica tecnica, è stato individuato un Valore Massimo ed un Valore minimo.

L'algoritmo Q-Bench, nello specifico, permette l'individuazione della soluzione ideale, effettuando un confronto con dei prodotti concorrenti. Mediante questo algoritmo si possono quindi individuare le caratteristiche tecniche che rendono un prodotto migliore rispetto alla concorrenza, dopo aver analizzato i principali requisiti dei clienti. L'obiettivo dell'algoritmo è quello di incrementare soltanto il valore delle caratteristiche tecniche che impattano maggiormente sui bisogni del cliente, senza incrementare tutti i valori e serve per la creazione del profilo di un prodotto in grado di surclassare i concorrenti.

Il terzo capitolo prevede, invece, una descrizione della Società Somat S.p.a.: si fa un punto su chi è la Società, dove e quando è nata e quali sono i servizi che offre principalmente.

L'azienda Somat S.p.a., è alla ricerca continua di rimorchiatori, da impiegare nei vari servizi che offre. Si tratta di imbarcazioni, adatte al rimorchio di altre navi che si trovano in situazioni di difficoltà, più o meno critiche, a causa di guasti o diversi incidenti. Queste imbarcazioni vengono impiegate nei porti o nei bacini per la loro elevata manovrabilità. I rimorchiatori vengono utilizzati nei porti, per

fornire il servizio di rimorchio portuale, per accompagnare le navi verso il mare aperto o per guidarle in manovre di attracco. La principale caratteristica che li contraddistingue è la loro elevata potenza, a causa dello sforzo che devono sostenere. Le dimensioni sono, invece, particolarmente ridotte.

Questo elaborato ha lo scopo di individuare il “Rimorchiatore ideale” per la Somat, che ha l’obiettivo di rispondere ai requisiti dei clienti dell’azienda, per la fornitura del servizio richiesto.

Dopo aver introdotto il funzionamento dell’Algoritmo e la società, nel quarto capitolo viene descritta la costruzione della Casa della Qualità, in base alle richieste dei clienti della Somat. La STANZA 1 della Casa della Qualità è caratterizzata dalla presenza 27 BISOGNI. La voce del cliente è caratterizzata da 7 Macro Aree: Multifunzionalità, Sicurezza, Stabilità, Manovrabilità, Area Operativa, Qualità e Abitabilità; queste sono poi suddivise in un numero variabile di Bisogni. Da lì, è stato possibile individuare quali fossero le principali Caratteristiche tecniche dei rimorchiatori che avessero un impatto su questi bisogni ed in seguito stabilire quale fosse la correlazione tra questi diversi elementi. Sono stati individuati 18 Specifiche tecniche. In base al peso attribuito ad ogni Requisito e la correlazione tra Requisito e Specifica tecnica, è stato possibile definire l’importanza assoluta e relativa di ognuna di queste. Dopo aver definito l’importanza relativa, è stato determinato un ordinamento delle importanze, attraverso il quale poter applicare l’algoritmo. L’inizializzazione prevede di portare al “Valore massimo” la caratteristica tecnica che ha un’importanza maggiore (in questo caso la Caratteristica tecnica “Bollard Pull”). Si identifica il primo profilo, secondo il quale, per la caratteristica tecnica con importanza maggiore, viene attribuito il valore superiore, mentre, per tutte le altre caratteristiche tecniche il valore iniziale è il valore minore.

Nel quinto capitolo, invece, è stato descritto il funzionamento dell’algoritmo Q-Bench nel caso preso in esame, dall’analisi dei competitors, all’inizializzazione e successiva generazione della soluzione. Il primo step prevede di effettuare un confronto tra la soluzione del primo profilo e le alternative, determinate dai rimorchiatori concorrenti. L’algoritmo viene implementato fino a quando non si trova la soluzione ideale: al secondo step viene incrementato di un gradino il valore della seconda caratteristica tecnica con importanza maggiore e così via.

Mediante questo algoritmo si possono individuare due rimorchiatori ideali, rispettivamente con la soglia $k=0,66$ e la soglia $k=0,75$, i quali devono surclassare tutti gli altri rimorchiatori della concorrenza. Indicando con W^+ la somma dei pesi per cui il rimorchiatore ideale è strettamente preferito a quello della concorrenza, W^- la somma dei pesi per cui il rimorchiatore della concorrenza è strettamente preferito al rimorchiatore ideale e $W^=$ la somma dei pesi per cui si ha un’indifferenza tra i rimorchiatori, per il primo rimorchiatore si richiede di superare la soglia $k=0,66$: la somma tra W^+ e $W^=$ deve essere almeno pari al 66% ed il rapporto $W^+/W^=$ deve essere almeno pari ad 1. Per il secondo rimorchiatore il ragionamento è analogo, con l’unica differenza che la somma tra W^+ e $W^=$ deve almeno superare il 75%.

In seguito, in base ai principali rimorchiatori presenti sul mercato, si sono potuti definire quali fossero quelli che più si avvicinassero alle due soluzioni ideali. Nonostante siano stati individuati i due rimorchiatori ideali con le due diverse soglie, il costo della progettazione di un rimorchiatore di questa tipologia è molto elevato, quindi è preferibile, per l’azienda, trovare un rimorchiatore che più si avvicina alla soluzione ideale, per le due soglie.

Si può evincere che, in questo campo, è possibile definire un rimorchiatore “Ideale”, ma, generalmente, la progettazione di un rimorchiatore di questo tipo, necessita di costi molto elevati, quindi bisogna scegliere dei rimorchiatori che esistono già (ovvero che sono stati già progettati da un certo cantiere), ma che siano il più vicino possibile alla soluzione definita mediante l’algoritmo.

Dopo aver individuato i due rimorchiatori, nel sesto e successivamente anche nel settimo capitolo, è stato fatto un approfondimento sulla convenienza economica nell’intraprendere o meno questa tipologia di progetto.

Questo è stato possibile grazie a dei vecchi “Prospetti”, nei quali sono elencati i costi e ricavi che ha la società in un periodo dalla durata di un anno.

L’unica caratteristica tecnica che genera una differenza tra le due soluzioni individuate è la EC 18, ovvero la CONSISTENZA DEGLI IMPIANTI DI CLIMATIZZAZIONE. Il costo di un rimorchiatore che abbia questa caratteristica tecnica più elevata rispetto alla soluzione precedente è tuttavia maggiore del costo dell’installazione di tale macchinario a bordo, una volta avvenuto l’acquisto. Quindi è più favorevole, per la società in questione, acquistare un rimorchiatore della soluzione con soglia minore e fare installare a bordo, soltanto in un secondo momento, il macchinario adatto.

Dato che il costo di tali rimorchiatori è molto elevato, l’analisi dell’investimento, dipende anche dal debito richiesto alla banca in questione e dalla quantità di tempo con cui la società riuscirà a restituire la somma prestata.

Tramite il calcolo del VAN positivo si è dedotto che per la società potrebbe essere conveniente fare un investimento del genere e, quindi, acquistare il rimorchiatore individuato grazie a questo Algoritmo.

1. L'ALGORITMO Q-BENCH

1.1. INTRODUZIONE DELL'ALGORITMO

L'algoritmo Q-Bench è un algoritmo che viene utilizzato in fase di progettazione di un prodotto o servizio. Il metodo ha come obiettivo quello di definire un'alternativa "dominante" rispetto alle altre, cercando di ridurre al minimo l'impiego di risorse.

Attraverso questo algoritmo si cerca di effettuare un'analisi comparativa delle prestazioni del prodotto preso in esame con quelle dei prodotti dei concorrenti in modo da effettuare un benchmarking tra i prodotti stessi. Attraverso quest'analisi si è in grado di definire quali sono le caratteristiche tecniche che rendono un prodotto migliore rispetto alla concorrenza.

Il Q-Bench è un algoritmo che opera nell'ambiente del Quality Function Deployment (QFD) e considera le caratteristiche tecniche individuate in fase di analisi e le impiega per fare il confronto tra diversi prodotti. La domanda che ci si pone è: "Come posso progettare un prodotto per essere, con minimi sforzi, più appetibile rispetto a quelli della concorrenza?".

1.2. LE TECNICHE MCDA (Multiple Criteria Decision Aid)

L'analisi multicriteria consiste in un insieme di tecniche che vengono utilizzate per confrontare alternative sulla base di criteri diversi tra loro, tenendo conto dell'importanza relativa attribuita a ciascuno di essi.

Nell'analisi multicriteria, i criteri decisionali vengono espressi su una scala normalizzata e poi confrontati sulla base di un peso che può essere definito attraverso metodi diversi.

La MCDA comprende una serie di tecniche con lo scopo di fornire un ordinamento complessivo di opzioni, dalla più favorevole alla meno favorevole. Questo approccio fornisce una procedura sistematica per aiutare i decisori nella scelta delle diverse alternative caratterizzata da variabili decisionali diversi e non uniformi tra loro.

I problemi multicriteri sono caratterizzati da un gran numero di possibili alternative con gli obiettivi e i vincoli che dipendono dalle variabili decisionali. Questa tipologia di analisi ha come obiettivo migliorare la qualità delle decisioni, in modo che i decisori possano confrontare delle alternative incompatibili tra di loro.

I problemi decisionali multicriterio possono essere suddivisi in due classi: la prima, che prende il nome di "problemi multicriteri di decisione continui" è caratterizzata da un numero finito di vincoli espressamente impostati a cui corrispondono una serie di possibili alternative.

La seconda classe è caratterizzata da un numero finito di alternative esplicitate in forma tabellare. Tali problemi prendono il nome di problemi di decisione multicriteri discreti o problemi di analisi multicriteri [1].

I problemi di analisi multicriteri possono essere di tre tipologie:

- Problemi multicriteri di scelta;
- Problemi multicriteri di classificazione;
- Problemi multicriteri di ordinamento;

I passaggi dell'analisi multicriteria sono:

1. Identificazione delle alternative
2. Identificazione dei criteri di valutazione
3. Stima dei pesi da attribuire ai criteri
4. Misurazione delle caratteristiche di ciascuna alternativa in relazione a ciascun criterio
5. Normalizzazione delle misure secondo una scala confrontabile
6. Calcolo dei valori sintetici.

L'algoritmo Q-Bench si basa sull'utilizzo del metodo ELECTRE II.

1.3. ELECTRE II

ELECTRE (ELimination El Choix Traduisant la REalité) è una famiglia di metodi decisionali e significa "eliminazione e scelta che esprimono la realtà". Il metodo venne proposto negli anni 60, ma risale a Bernard Roy e dai suoi colleghi, presso la società di consulenza SEMA dove un team stava lavorando su un problema, che riguardava il modo in cui le imprese possano decidere su nuove attività [2].

Il metodo evolve nell'ELECTRE I e il suo sviluppo continuò con ELECTRE II, ELECTRE III, ELECTRE IV, ELECTRE IS e ELECTRE TRI.

Ci sono due fasi principali in un'applicazione di ELECTRE:

- La costruzione di una o più relazioni di surclassamento, che puntano a confrontare in modo esaustivo ogni coppia di azioni;
- Una procedura di elaborazione che operi sulla base delle raccomandazioni ottenute nella prima fase. La natura delle raccomandazioni dipende dal problema preso in considerazione: selezione, ranking oppure ordinamento.

I criteri nei metodi ELECTRE hanno due insiemi distinti di parametri: i coefficienti di importanza e le soglie di veto.

I metodi ELECTRE si prefiggono di tenersi il più vicino possibile alla realtà, assecondando l'irrazionalità del decisore.

Un metodo matematico vorrebbe basarsi su certezze, e quindi dovrebbe possedere un assioma di completezza; tuttavia un processo decisionale, nella realtà, dipende dall'irrazionalità del decisore, attraverso:

- La dipendenza da alternative irrilevanti;
- L'incoerenza dei confronti a coppie;
- L'incomparabilità tra alcune coppie di alternative.

Gli elementi comuni ai metodi ELECTRE sono i seguenti:

- Rinunciano all'assioma di transitività (in quanto ammettono incoerenza);
- Ammettono l'incomparabilità (rinunciano all'assioma di completezza);
- Effettuano un'analisi di concordanza, valutando fattori che non si oppongono al fatto che un'alternativa possa essere migliore di un'altra;
- Effettuano un'analisi di discordanza, misurando quanto la scelta di un'alternativa possa essere negativa ai fini della decisione finale;

- L'attribuzione dei pesi per i criteri di valutazione viene effettuata sulla base delle preferenze del valutatore;
- Effettuano la verifica di relazioni di surclassamento tra coppie di alternative, basandosi sulle soglie definite dal valutatore per la concordanza e la discordanza;
- Creano un ordinamento delle alternative, evidenziando le relazioni di surclassamento tra loro.

Nello specifico, nell'Algoritmo Q-Bench, indichiamo con $A = \{a_i \mid i=1, \dots, m\}$ le alternative di prodotto e con $G = \{g_j \mid j=1, \dots, n\}$ i vari criteri selezionati [3].

Ogni criterio g_j è considerato come un'applicazione ad un singolo punto dell'insieme A alla scala di criteri E_j , cioè un insieme completamente ordinato assunto come la rappresentazione formale dell'insieme di stati associati al criterio j -esimo:

$$g_j: a \in A \Rightarrow g_j(a) \in E_j$$

La valutazione multicriteri di un'alternativa $a \in A$ si indica con il vettore

$$g(a) = [g_1(a), g_2(a), \dots, g_n(a)].$$

Il confronto tra due alternative a e a^1 può essere ricondotto all'analisi dei rispettivi vettori dei criteri:

$$g(a) = [g_1(a), g_2(a), \dots, g_n(a)].$$

$$g(a^1) = [g_1(a^1), g_2(a^1), \dots, g_n(a^1)].$$

L'analisi deve tener conto di "esitazioni" tra due dei tre seguenti casi:

- $a^1 I a$: a^1 in questo primo caso è indifferente ad a ;
- $a^1 P a$: a^1 è strettamente preferito ad a ;
- $a P a^1$: a è strettamente preferito ad a^1 .

1.4. CONCETTO DI SURCLASSAMENTO

I metodi MCDA si basano su una relazione di surclassamento, di tipo binario, su A , indicata con S_A [4].

- $a S_A a^1$: se date due alternative a e $a^1 \in A$, si può ammettere che a è preferita ad a^1 , non esistendo buone ragioni per rifiutarla
- $a^1 S_A a$: se date due alternative a e $a^1 \in A$, si può ammettere che a^1 è preferita ad a , non esistendo buone ragioni per rifiutarla

Si definisce il vettore dei pesi: $w = \{w_j \mid j=1, \dots, n\}$

Per ogni coppia di alternative si definiscono i macrocriteri:

- $J^+(a, a^1) = \{j \in J : g_j(a) > g_j(a^1)\}$
- $J^-(a, a^1) = \{j \in J : g_j(a) < g_j(a^1)\}$
- $J^0(a, a^1) = \{j \in J : g_j(a) = g_j(a^1)\}$

Per ognuno di questi macrocriteri si definisce il livello di importanza:

- $W^+(a, a^1) = \sum_{j \in J^+(a, a^1)} w_j$
- $W^-(a, a^1) = \sum_{j \in J^-(a, a^1)} w_j$
- $W^0(a, a^1) = \sum_{j \in J^0(a, a^1)} w_j$

1.5. TEST DI CONCORDANZA

- $\frac{W^+(a, a^1) + W^-(a, a^1)}{W} \geq k$
- $\frac{W^+(a, a^1)}{W^-(a, a^1)} \geq 1$

Mediante il test di concordanza si verifica se un'alternativa surclassa l'altra o meno. Nell'algoritmo Q-Bench viene identificata inizialmente una soglia $k=0,66$ e dopo una soglia $k=0,75$. Se vengono rispettate le due relazioni descritte nell'elenco sopra, allora si può dire che un'alternativa surclassa l'altra.

Per la prima soglia si deve avere il seguente risultato: la somma dei pesi delle caratteristiche tecniche per cui un'alternativa è preferita all'altra e la somma dei pesi per cui le due sono indifferenti deve essere pari al 66%. Se poi si ha che il rapporto (tra la somma delle caratteristiche tecniche per cui un'alternativa è preferita ad un'altra e la somma delle caratteristiche tecniche per cui si ha una preferenza della seconda alternativa alla prima) è maggiore di 1, allora si può dire che la prima alternativa surclassa la seconda.

Lo stesso procedimento va effettuato anche per il calcolo della soglia $k=0,75$.

2. FUNZIONAMENTO DELL'ALGORITMO Q-BENCH

Per il Q-Bench possiamo fare le seguenti osservazioni:

- La ricerca di una soluzione avviene in uno spazio discreto
- L'algoritmo garantisce sempre e comunque almeno una soluzione
- Il Q-Bench è un metodo semplice e rapido per determinare una soluzione migliore
- Secondo questo algoritmo, non è importante costruire un prodotto che sia il migliore in assoluto ma basta che sia migliore degli altri.

2.1. PASSI DELL'ALGORITMO

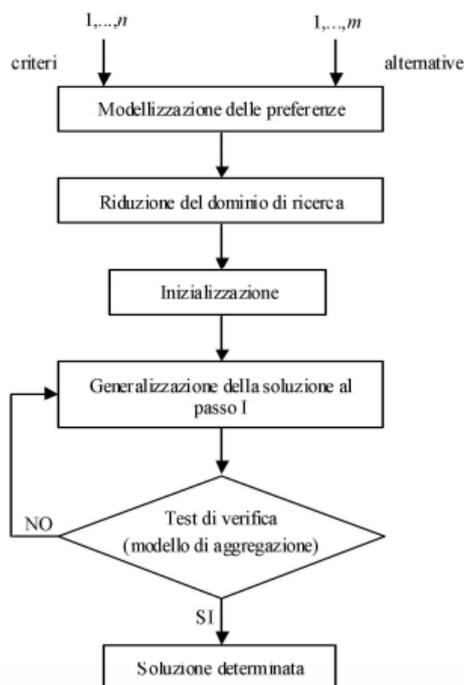


Figura 2.1: Schema a blocchi dell'Algoritmo Q-Bench, Franceschini 2002

Passi di applicazione:

1. Modellizzazione delle preferenze
2. Riduzione del dominio di ricerca
3. Inizializzazione
4. Generazione della soluzione
5. Test di verifica
6. Se no, ritorno al punto 4
7. Se ok, soluzione vincente

L' algoritmo si interrompe quando viene trovata la soluzione preferita agli occhi del cliente, ovvero quando la soluzione determinata supera le alternative dei concorrenti.

2.2. MODELLIZZAZIONE DELLE PREFERENZE

- Si definiscono le alternative
 $A = \{a_1, a_2, \dots, a_n\}$
- Si definiscono i criteri di valutazione
 $G = \{g_j \mid j= 1, \dots, n\}$

| Prodotto: Valigia | | | CARATTERISTICHE TECNICHE | | | | |
|--------------------------|---------------------|---------------------|--------------------------|--------------------------------|------------|-----------------------|-----------------|
| REQUISITI DEL CLIENTE | GRADO DI IMPORTANZA | IMPORTANZA RELATIVA | Volume utile (dm^3) | Carico di rottura (N/mm^2) | Massa (kg) | Nr. di maniglie (nr.) | Colore (codice) |
| Facilmente trasportabile | 4 | 19% | | | Δ | • | |
| Capiente | 5 | 24% | • | | Δ | | |
| Leggera | 4 | 19% | Δ | ○ | • | | |
| Resistente agli urti | 3 | 14% | | • | | | |
| Durevole | 3 | 14% | | ○ | | | |
| Esteticamente gradevole | 2 | 10% | | | | | • |

| Legenda | |
|-------------------------|--|
| Correlazione forte = • | |
| Correlazione media = ○ | |
| Correlazione debole = Δ | |

| | | | | | |
|---------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| PESO ASSOLUTO | 2,333 | 2,286 | 2,143 | 1,714 | 0,857 |
| PESO RELATIVO | 25,0% | 24,5% | 23,0% | 18,4% | 9,2% |

| | | | | | |
|------------------|--------|----------|-----|-----|---------|
| UNITA' DI MISURA | dm^3 | N/mm^2 | kg | nr. | Codice |
| VALORE MASSIMO | 200 | 60 | 1.5 | 3 | "NERO" |
| VALORE MINIMO | 150 | 15 | 2 | 1 | "ROSSO" |

| | | | | | |
|--------------|-----|----|------|---|--------|
| COMPETITOR X | 175 | 60 | 2 | 2 | "BLU" |
| COMPETITOR Y | 150 | 35 | 1.75 | 2 | "NERO" |

Figura 2.2: Esempio di Casa della Qualità

In questo esempio di progettazione: sulla sinistra vengono individuati i "Requisiti del cliente" (Facilmente trasportabile, Capiente, Leggera, Resistente agli urti, Durevole, Esteticamente gradevole), ognuno con un grado di importanza e importanza relativa differente (quest'ultima si calcola in funzione del grado di importanza).

Dopo di ciò si individuano le Caratteristiche tecniche che ha una valigia (Volume utile, Carico di rottura, Massa, Numero di maniglie e Colore).

Si va dopo a definire la tipologia di correlazione tra le Caratteristiche tecniche e i Requisiti del cliente: la correlazione può essere forte (in questo caso si attribuisce un valore=9), media (valore=3) o debole (valore=1).

Dal prodotto tra l'importanza relativa e il valore della correlazione si ottiene il peso assoluto e poi il peso relativo [5].

Per poter applicare l'Algoritmo Q-Bench è importante definire chi sono i competitors ed individuare un valore massimo e un valore minimo.

2.3. RIDUZIONE DEL DOMINIO DI RICERCA

Questa consiste nell'imporre che la soluzione vincente possa assumere solo valori coincidenti con gli estremi delle scale dei criteri o valori assunti dalle alternative sui singoli criteri.

In questo esempio ciò è definito dal Valore massimo (Valore superiore) e Valore minimo (Valore inferiore).

2.4. INIZIALIZZAZIONE

Questa consiste nell'individuare il Profilo iniziale, P, che indica la SOLUZIONE INIZIALE.

Il profilo iniziale sarà P: [200; 15; 2.00; 1; ROSSO]

Questa soluzione consiste nel dare il valore massimo alla caratteristica tecnica che ha un peso maggiore e il valore minimo a tutte le altre caratteristiche

La soluzione è rappresentata dalla linea rossa in figura

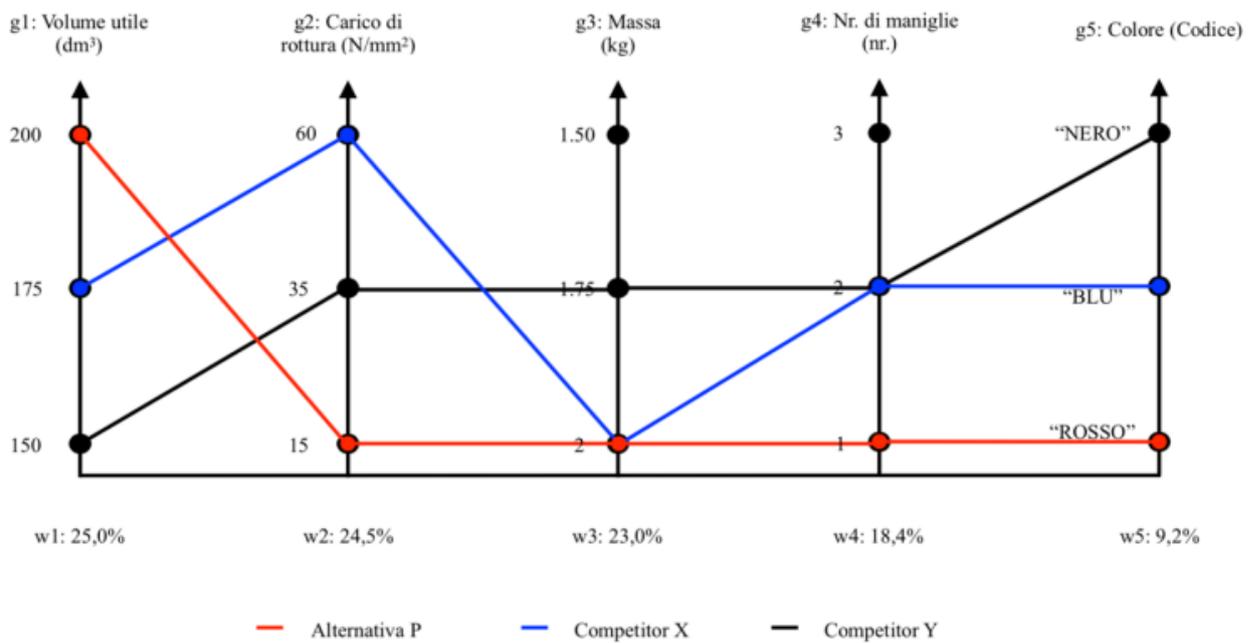


Figura 2.3: Algoritmo Q-Bench con rappresentazione della alternative

Dopo aver determinato il Profilo iniziale si può identificare la SOLUZIONE INIZIALE.

2.5. TEST DI VERIFICA

Una volta determinato il profilo P, viene effettuato il test di verifica per questo risultato, utilizzando, per esempio, il Metodo Electre II. Questo metodo viene utilizzato per verificare che un'alternativa surclassi un'altra.

Si possono presentare due casi:

1. Caso 1: l'alternativa P surclassa l'alternativa X e Y e in questo caso l'algoritmo si interrompe perché è stata trovata la soluzione ottima P*.
2. Caso 2: l'alternativa P non risulta essere l'alternativa ottima e per questo bisogna proseguire iterando l'algoritmo e generare una nuova soluzione.

| | | | | | | | | | | |
|--------------------|--|------------|-----------|-----------|-----------|--------------|-----------|----------------|----------------|-------------|
| X | | 175 | 60 | 2 | 2 | BLU | | | | |
| Y | | 150 | 35 | 1,75 | 2 | NERO | | | | |
| | | 0,25 | 0,244898 | 0,229592 | 0,183673 | 0,091837 | | | | |
| SOLUZIONE 1 | | 200 | 15 | 2 | 1 | ROSSO | | | | |
| confronto | | C1 | C2 | C3 | C4 | C5 | | | | |
| a,a1 | | > | < | = | < | < | | | | |
| a,a2 | | > | < | < | < | < | | | | |
| | | J+ | J- | J= | W+ | W- | W= | W+ + W= | W+ / W- | aSai |
| a,a1 | | 1 | 2,4,5 | 3 | 0,25 | 0,520408 | 0,229592 | 0,479592 | 0,480392 | NO |
| a,a2 | | 1 | 2,3,4,5 | - | 0,25 | 0,75 | 0 | 0,25 | 0,333333 | NO |

Figura 2.4: Esempio applicazione PRIMA SOLUZIONE Algoritmo Q-Bench

Come si può notare dalla figura, l'alternativa P, rappresentata dalla soluzione 1, non risulta l'alternativa ottima.

Con il Metodo Electre 2, utilizzando una soglia del $k=0,66$, l'alternativa identificata dalla Soluzione 1 non riesce a surclassare i competitors (a1 e a2).

Guardando la somma tra i pesi:

- $(W_+ + W_-)/W < 0,66$, sia rispetto a competitor 1 che al competitor 2;
- $W_+ / W_- < 1$, sia rispetto al competitor 1 che al competitor 2.

Dato che, attraverso la SOLUZIONE INIZIALE non è stato possibile surclassare le altre due alternative, non viene soddisfatto il Test di verifica. Bisogna allora procedere con la soluzione successiva

2.6. GENERAZIONE DELLA SOLUZIONE I-ESIMA

Per generare una nuova soluzione, bisogna incrementare il valore delle altre caratteristiche tecniche.

Si ottiene, in questo modo la soluzione successiva $P_2 = [200; 35; 2.0; 1; \text{"ROSSO"}]$.

Viene effettuato nuovamente il test di verifica e, anche in questo caso, il test non viene superato.

Il test viene superato solo alla Soluzione 4:

| | | | | | | | | | | |
|--------------------|--|------------|-----------|-------------|----------|--------------|----------|---------|----------|------|
| X | | 175 | 60 | 2 | 2 | BLU | | | | |
| Y | | 150 | 35 | 1,75 | 2 | NERO | | | | |
| | | 0,25 | 0,244898 | 0,229592 | 0,183673 | 0,091837 | | | | |
| SOLUZIONE 4 | | 200 | 60 | 1,75 | 1 | ROSSO | | | | |
| confronto | | C1 | C2 | C3 | C4 | C5 | | | | |
| a,a1 | | > | = | > | < | < | | | | |
| a,a2 | | > | > | = | < | < | | | | |
| | | J+ | J- | J= | W+ | W- | W= | W+ + W= | W+ / W- | aSai |
| a,a1 | | 1,3 | 4,5 | 2 | 0,479592 | 0,27551 | 0,244898 | 0,72449 | 1,740741 | SI |
| a,a2 | | 1,2 | 4,5 | 3 | 0,494898 | 0,27551 | 0,229592 | 0,72449 | 1,796296 | SI |

Figura 2.4: Esempio applicazione SOLUZIONE I-ESIMA Algoritmo Q-Bench

Guardando la somma tra i pesi:

- $(W_+ + W_-) / W > 0,66$, sia rispetto a competitor 1 che al competitor 2;
- $W_+ / W_- > 1$, sia rispetto al competitor 1 che al competitor 2.

Così, attraverso l'Algoritmo Q-Bench, vengono indicate le caratteristiche tecniche che individuano la soluzione ottima [6], [7], [8].

3. SOMAT

3.1. CHI E' LA SOMAT

La Somat S.p.A. è titolare della concessione per il servizio di rimorchio nei porti siciliani di Palermo, Trapani, Marsala, Porto Empedocle e Genova. Possiede una flotta di rimorchiatori che garantisce anche un servizio di assistenza a navi che trasportano materiali infiammabili o ad alto rischio di inquinamento, grazie ai sistemi antincendio di ampia portata ed attrezzature idonee all'immediato recupero di sostanze inquinanti eventualmente versate in mare. Inoltre svolge un servizio di monitoraggio e prevenzione antinquinamento in regime di convenzione con il Ministero dell'Ambiente, ma anche servizi di rimorchio ed assistenza alle navi che scalano terminal Oil&Gas in Italia e all'estero. La flotta è spesso impegnata in lavori off-shore di durata e complessità variabili [9].

I rimorchiatori sono delle imbarcazioni a motore che attuano manovre di traino, spinta e/o accompagnamento delle navi nell'ambito di servizi tecnico nautici nei porti o mare aperto (rimorchio di altura) [10]. Essi sono specializzati per il traino di galleggianti anche di dimensioni molto elevate. Il rimorchiatore può avere diverse funzioni, in base alle caratteristiche di costruzione (scafo, propulsione, potenza motore) e di allestimento, il rimorchiatore ha differenti funzioni: rimorchio portuale, servizio offshore, altura, salvataggio e recupero navale.

Per svolgere questa tipologia di servizio, il rimorchiatore richiede equipaggi addestrati in grado di affrontare le situazioni più disparate e imponderabili, talvolta estreme, e di manovrare con qualsiasi condizione meteo-marina. Inoltre, se la complessità delle manovre lo richiede, nel corso delle operazioni più rimorchiatori possono partecipare contemporaneamente al medesimo servizio. La valutazione di tale complessità risponde esclusivamente alle esigenze di sicurezza e si basa su considerazioni strettamente tecniche sui fattori specifici che concorrono alla determinazione del rischio incidente ed alla sua prevenzione (dimensione e condizione della nave, tipologia del carico, condizioni dei fondali e delle banchine, congestionamento, mare, vento, ecc).

I rimorchiatori vengono utilizzati soprattutto nei porti con azione di rimorchio portuale, quando si tratta di accompagnare le navi in partenza verso il mare aperto oppure di guidarle durante manovre di attracco, ovvero quando una Nave crea un collegamento tra essa e la terraferma, in modo tale da permettere lo sbarco dei passeggeri, dell'equipaggio, delle merci e delle operazioni commerciali.

I rimorchiatori possono essere utilizzati anche nei bacini di carenaggi dei cantieri navali per la movimentazione delle navi in avaria e/o quando non dispongono della propulsione autonoma o della manovrabilità nelle aree talvolta molto ristrette di cui queste dispongono. Si tratta di strutture presenti in molti porti o arsenali che permettono la riparazione o manutenzione delle navi all'asciutto, ovvero delle carene e delle altre parti dello scafo che sono poste al di sotto della linea di galleggiamento (anche detta "linea d'acqua", ovvero intersezione tra il piano di galleggiamento di una nave e la superficie esterna dello scafo). Un rimorchiatore può rimorchiare, in casi di emergenza, navi in avaria in mare aperto.

I rimorchiatori sono caratterizzati da dimensioni relativamente contenute, motore molto potente a causa dello sforzo che devono sostenere e da una struttura robusta, atta a condizioni di mare anche proibitive. È distinto per rapporto potenza/peso molto elevato.

La propulsione (ovvero la capacità di permettere il moto di mezzi sull'acqua o attraverso essa) è assicurata da eliche intubate da mantello Kort, SRP (Shottel ruddere propeller) e sistemi Voith.

L'azione di rimorchio viene effettuata tramite funi in fibra (prevalentemente utilizzati nel rimorchio portuale) o acciaio, oppure con catene o sistemi misti, cavo d'acciaio con porzione centrale in catena (usati nelle operazioni di rimorchio in altura). Il sistema di rimorchio a fune singola o multipla deve rispettare alcune caratteristiche di lunghezza e resistenza proporzionale alla potenza del rimorchiatore e del natante rimorchiato, tramite una relazione di tipo proporzionale, inoltre nel caso di sistemi multipli si deve attuare un'azione di tensionatura sui vari cavi, in modo da distribuire in modo omogeneo il carico e per ragioni di sicurezza ogni singola fune dev'essere in grado di supportare il carico totale, risultando di fatto identici in tutti i parametri, motivo per cui sono costruiti appositamente. Questo dimensionamento è giustificato dall'evenienza di un mare grosso (mosso), dove il sistema viene particolarmente stressato da movimenti bruschi e disordinati.

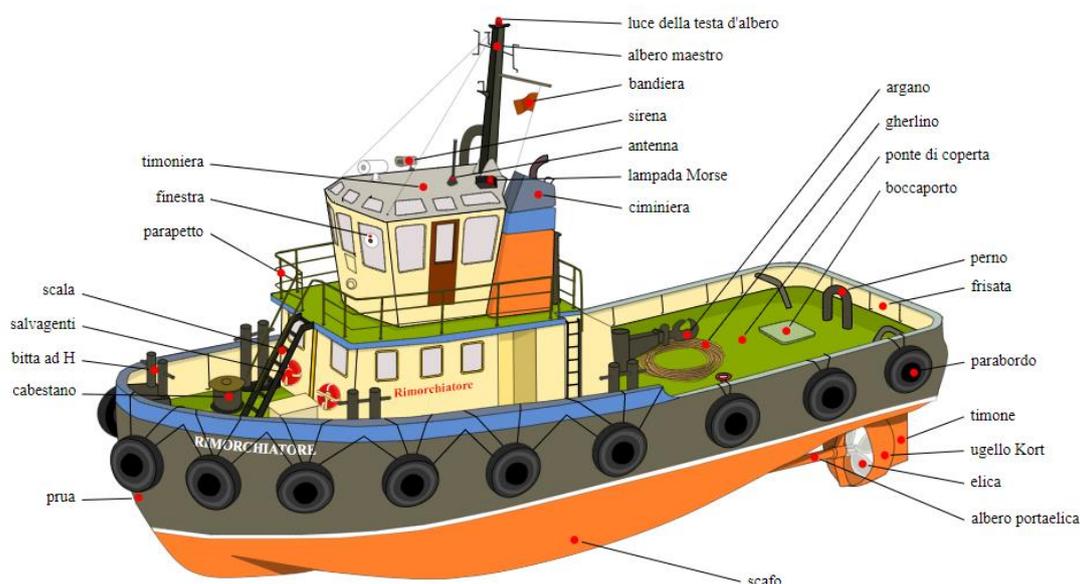


Fig 3.1: Disegno di un rimorchiatore

3.2. SERVIZI OFFERTI DALLA SOMAT

La Somat S.p.A. appartiene al Gruppo Cafimar, coordinato dalla Holding "Cafimar Servizi Marittimi S.p.A." che, attraverso società controllate opera in settori come:

Rimorchio portuale ed a terminal off-shore

Si tratta di un servizio pubblico, di interesse generale, con caratteristiche di universalità e che viene prestato a chiunque ne faccia richiesta, a qualunque ora del giorno e della notte. È necessario per garantire la sicurezza della navigazione nelle acque portuali e lungo le coste.

Il servizio di rimorchio portuale offre prestazione di trazione o assistenza, volta a cooperare alle manovre di accosto e allontanamento dalla banchina delle navi in arrivo ed in partenza dai porti oppure altri luoghi di approdo.

Infine garantisce la manovra in sicurezza delle navi negli spazi ristretti, la “prontezza operativa” ma anche la funzionalità e la sicurezza dei traffici passeggeri e merci e rifornimenti energetici.

Rimorchio di altura, anchor handling e salvataggio marittimo

Il rimorchio di altura permette di far compiere un viaggio ai natanti che non dispongono di mezzi propri di propulsione e si può considerare come un contratto di noleggio.

Vengono di solito trasportate navi in costruzione, piattaforme o parti di esse e galleggianti. Operano trasferimenti molto lunghi, in quanto si tratta di rimorchiatori grossi e potenti. Tale servizio viene garantito in genere con rimorchiatori di dimensione e potenza superiore in quanto più idonei a navigare in mare aperto.

Il servizio “anchor handling” consiste nelle operazioni preliminari alla movimentazione delle piattaforme petrolifere in cui si rende necessario salpare le ancore delle stesse piattaforme.

Per tale servizio i rimorchiatori sono dotati di particolari sistemi di recupero come Verricelli, Argani e barbotin (elemento strutturale idoneo ad alloggiare le catenarie delle ancore).

Antinquinamento e antincendio

Questi mezzi, con la loro potenza, garantiscono enormi getti di acqua da lunghe distanze ma offrono interventi diretti, sia di prevenzione che di raccolta, verso le navi in difficoltà, affinché possano prevenire o contenere l'inquinamento di mare.

Rifornimento bunker

Anche rinominato BUNKERAGGIO, indica il rifornimento di combustibile per la propulsione della nave. Nello specifico il BUNKERAGGIO MARITTIMO è il rifornimento a mezzo di motocisterne dei prodotti petroliferi necessari alla propulsione ed ai consumi di bordo delle navi.

Rifornimento acqua

Indica il trasporto marittimo dell'acqua potabile. Questo può essere necessario, ad esempio, per il rifornimento idrico delle isole minori. L'autorizzazione al trasporto dell'acqua potabile viene rilasciata dal MIT (Ministero delle infrastrutture e dei Trasporti).

Altri servizi che offre la Somat possono essere: Trasporto dei carichi eccezionali, noleggio navi e trasporti di carichi via mare, fornitura del servizio elettrico o telematico e la Raccolta ed il trattamento dei rifiuti prodotti dalle navi.

3.2.1. RIMORCHIO PORTUALE

Senza dubbio, l'attività su cui compete principalmente la Somat è il servizio di rimorchio portuale, che ha come obiettivo principale la sicurezza. Essa costituisce un importante fattore di competitività dei porti, concorrendo direttamente e indirettamente a determinare la regolarità e l'efficienza operativa del porto.

Il sistema marittimo è un mercato molto competitivo e la sicurezza della navigazione in acque portuali e delle manovre di approdo deve rispondere ad almeno tre esigenze:

- Permettere l'arrivo e l'uscita contemporanea di più navi anche quando le aree portuali di manovra talvolta molto limitate non garantiscono lo spazio necessario per le evoluzioni

anche perché nel corso degli anni è avvenuto un graduale aumento delle dimensioni delle navi a cui non è seguito un adeguato aumento delle dimensioni delle strutture portuali.

- Garantire la certezza di entrata e di uscita alle linee marittime che scalano il porto, 365 giorni all'anno e in qualsiasi condizione meteo marina.
- Consentire ai porti di ricevere carichi potenzialmente pericolosi ma necessari all'economia e agli insediamenti urbani, come greggio, idrocarburi, sostanze chimiche e minerali, ecc.

Il servizio di rimorchio portuale è necessario alle manovre di entrata ed uscita delle navi, specialmente di grande tonnellaggio o che trasportano merci pericolose, in specchi acquei ristretti, e spesso congestionati, di porti e banchine, scongiurando il pericolo reale di incidenti. Le manovre per assicurare tale servizio sono note come traino o spinta e richiedono, in entrata, l'avvicinamento a mare della nave per il passaggio sottobordo dei cavi. Queste fasi sono svolte con qualsiasi condizione di tempo e di mare.

Grazie all'installazione a bordo di sofisticati e costosi dispositivi, i rimorchiatori portuali inoltre, svolgono ulteriori ed importanti prestazioni. Tra queste, il presidio per la sicurezza delle operazioni di carico e scarico di sostanze pericolose (ad esempio idrocarburi).

Insieme a piloti, ormeggiatori e battellieri, che compongono i Servizi Tecnico-Nautici (STN), i rimorchiatori portuali prestano servizio pubblico, quando chiamati dalla Capitaneria di porto in qualsiasi momento si manifesti un'emergenza. Questo servizio pubblico non ha oneri per lo Stato, essendo parte essenziale della concessione del servizio stesso.

Tra le operazioni di servizio pubblico:

1. Il soccorso alle navi in pericolo o alla deriva per rottura di ormeggi, per incaglio, avaria, falla, ecc. In qualsiasi condizione di mare, di vento e di visibilità;
2. Il servizio antincendio a navi e banchine grazie ai dispositivi fire fighting (ff) di bordo;
3. Il servizio antinquinamento con spray booms di irrorazione di agenti chimici di affondamento degli idrocarburi o con panne galleggianti di contenimento delle sostanze dannose o con skimmer, impianti capaci di separare le sostanze oleose dalla superficie del mare aspirarle e trasferirle su appositi depositi di stoccaggio nel rimorchiatore (Recovery oil tanks)
4. Il servizio di salvataggio a mare di naufraghi e cose.

Nei grandi porti commerciali il servizio di rimorchio portuale, come quello di piloti, ormeggiatori e battellieri copre le intere 24 ore tutti i giorni dell'anno.

Il rimorchio portuale è un servizio tecnico-nautico, sancito dall'art. 14 della Legge 84/94, contemplato dal Codice della Navigazione e regolamentato da circolari ministeriali e da ordinanze locali emanate dalle Capitanerie di Porto, [11], [12], [13].

Ogni mezzo è armato almeno con un Comandante, un Direttore di macchina ed un Marinaio, secondo le tabelle di armamento emanate dal Comando Generale delle Capitanerie di Porto - Ministero dei Trasporti, che considerano il grado di automazione del rimorchiatore e la sua propulsione.

L'organizzazione del lavoro è basata su una turnistica che è pianificata su quanto dispone il Regolamento. Generalmente nei maggiori porti italiani essa deve coprire senza interruzione l'intero arco temporale delle 24 ore.

Gli equipaggi dei rimorchiatori, pronti ad operare in qualsiasi momento in condizioni anche estremamente avverse e pericolose, rispondono a criteri di elevata professionalità e capacità tecnica, regolamentate dal Ministero dei Trasporti e certificate da numerose abilitazioni internazionali, alcune obbligatorie, emanate dall'IMO (International Maritime Organization) e dall'ILO (International Labour Organization).

Infine, periodicamente, le società armatoriali di rimorchio portuale associate a Federimorchiatori, volontariamente provvedono all'aggiornamento professionale degli equipaggi, anche attraverso corsi comuni delle società armatrici associate.

I marittimi arruolati sui rimorchiatori portuali sono inquadrati con un CCNL specifico di settore, che recepisce le peculiarità intrinseche del rimorchio portuale.

3.2.2. TIPOLOGIE DI RIMORCHIATORI

I rimorchiatori possono essere di diverse tipologie:

- **AZIMUTALI** meglio identificati con il termine ASD (azimuth stern drive), dotati di due propulsori poppieri capaci di generare la forza propulsiva omnidirezionale nell'arco 360°.
- **TRACTOR TUG** dotati di due propulsori omnidirezionali in zona prodiera capaci di generare la forza propulsiva omnidirezionale nell'arco 360°.
- **VOITH SCHNEIDER** tipica propulsione a pale verticali rotanti ed orientabili sistemate al centro della nave.
- **CONVENZIONALI** rimorchiatore classico dotato di propulsione monoelica o bielica. Tali rimorchiatori sono invece principalmente utilizzati per il servizio d'altura, per il soccorso alle navi in difficoltà o per effettuare trasporti internazionali (rimorchio-trasporto).

4. CASA DELLA QUALITÀ

La casa della qualità (House of Quality) è uno strumento grafico che fa parte della metodologia del Quality Function Deployment (QFD). Mediante questo approccio è possibile tradurre le esigenze del cliente in specifiche tecniche per realizzare o migliorare prodotti e servizi.

Nell'ambito della qualità, viene definito un controllo sui processi e si assicura che le caratteristiche finali siano conformi a quanto specificato inizialmente. L'obiettivo di un controllo della qualità è quello di confermare, tramite un risultato finale, le richieste del cliente. Bisogna quindi accertarsi che le specifiche delineate corrispondano alle esigenze del cliente, sia esso un target di persone potenzialmente interessate sia esso un unico committente.

Il QFD pone l'attenzione sulle aspettative e sui bisogni del clienti, in modo da ridurre la possibilità che qualche aspetto importante venga trascurato durante la fase di progettazione. Le aspettative devono poi essere raccolte in modo da rappresentare la Casa della qualità.

In primo luogo viene definita la "voce del cliente", che corrisponde alle aspettative e ai bisogni del cliente sul prodotto o servizio che si deve definire. Queste vengono utilizzate come una "linea guida" durante l'attività di progettazione e sviluppo. Maggiore è il tempo dedicato all'analisi dei bisogno, minore sarà la probabilità di effettuare modifiche e correzioni successivamente. Per implementare ciò è necessario confrontarsi con una serie di rappresentanti aziendali [14].

4.1. REQUISITI DEL CLIENTE

Tramite i REQUISITI DEL CLIENTE viene identificata la "voce del cliente": ovvero chi richiede il prodotto. Il metodo utilizzato per individuare i principali bisogni della Somat è stato quello di intervistare i clienti della Somat.

In questo modo viene definita la "prima stanza", dalla quale si parte per costruire l'intera Casa della qualità.

4.1.1. MULTIFUNZIONALITÀ

Questa si riferisce alle diverse funzioni che può avere un rimorchiatore quali:

- Rimorchio portuale
- Rimorchio in altura
- Servizio Rec-Oil
- Servizio Fire-fighting
- Dotazione di service crane con relativo registro dei mezzi di carico approvato dall'ente di classifica

Il rimorchio può essere, per l'appunto, portuale o d'altura. Il primo si riferisce al trasporto di navi o natanti con agenti a bordo, il secondo ha lo scopo di far compiere un viaggio alla nave.

Inoltre, esistono anche altre funzioni, quali Escort, Salvage, Servizio Re-coil o Fire-Fighting sono strettamente legate alla certificazione che ha un rimorchiatore: se questo possiede le 4 certificazioni allora può svolgere servizi di questo tipo.

4.1.2. SICUREZZA

Questa invece dipende dalla presenza di:

- Certificazione di classe e dalla SOLAS
- Piano di Sicurezza (Conformità al DL 271/99)
- Certificazione GMDSS area A1+A2+A3 (Navigazione internazionale lunga)
- Consistenza dei fanali e segnali di navigazione come previsto dalla COLERG 72
- Consistenza delle bussole approvate come da DPR 435/91
- Approvazione piano dei mezzi di Governo come da DPR 435/91

Si tratta di una serie di Certificazioni in conformità con il DPR 435/91 o al DL 271/99. Il DPR 435/91 concerne l'approvazione del Regolamento per la Sicurezza della navigazione e della vita umana in mare, si riferisce a tutti quegli aspetti inerenti la sicurezza a bordo.

4.1.3. STABILITÀ

Questo in riferimento al:

- Piano di Stabilità approvato all'articolo 35 del DPR 435/91.

4.1.4. MANOVRABILITÀ

Questo in riferimento a:

- Propulsione azimutale DR/SN
- Elica di manovra prodiera

4.1.5. AREA OPERATIVA

Questo requisito si riferisce a:

- Navigazione illimitata.

4.1.6. QUALITÀ

Il concetto di qualità può essere ricollegato a diversi argomenti quali:

- Qualità degli impianti di propulsione
- Qualità degli impianti ausiliari
- Qualità delle dotazioni di salvataggio
- Qualità delle dotazioni antincendio

- Qualità degli strumenti di navigazione e comunicazione

Si tratta, per l'appunto, dell'affidabilità dei diversi impianti, già analizzati precedentemente.

4.1.7. ABITABILITÀ

Questo requisito può essere suddiviso in:

- Consistenza delle cabine dell'equipaggio
- Consistenza dei posti letto
- Consistenza della climatizzazione idonea a viaggi in zone tropicali (impianto singolo o doppio)
- Consistenza dell'impianto di riscaldamento idoneo alle zone polari
- Consistenza dei servizi igienici
- Esistenza della cambusa (secco o refrigerato)
- Esistenza della sala ricreativa.

4.2. IMPORTANZA ASSOLUTA E RELATIVA DEI BISOGNI

Attraverso un'attenta analisi di ogni requisito, insieme ai direttori alla SOMAT, è stato possibile attribuire dei GIUDIZI ad ogni bisogno. Per determinare l'IMPORTANZA ASSOLUTA DEI BISOGNI deve essere attribuito un peso a questi.

L'analisi è stata effettuata su una scala numerica (dal valore minimo di 1 al valore superiore di 5).

| GIUDIZIO | PESO |
|--------------------------|------|
| FONDAMENTALE | 5 |
| MOLTO IMPORTANTE | 4 |
| IMPORTANTE | 3 |
| DISCRETAMENTE IMPORTANTE | 2 |
| POCO IMPORTANTE | 1 |

Tabella 4.1: Scala numerica delle importanze dei Bisogni

Dopo aver individuato, per ogni requisito, il peso che esso possiede, gli è stata attribuita un'importanza relativa.

4.2.1. LIVELLO DI IMPORTANZA DEI REQUISITI

1. MULTIFUNZIONALITÀ

| REQUISITO | IMPORTANZA |
|--|------------|
| Rimorchio portuale | 5 |
| Rimorchio in altura | 4 |
| Servizio Rec-oil | 3 |
| Servizio Fire-fighting | 4 |
| Dotazione di service crane con relativo registro dei mezzi di carico approvato dall'ente di classifica | 3 |

Tabella 4.2: Importanze ASSOLUTE dei Bisogni della Multifunzionalità

2. SICUREZZA

| REQUISITO | IMPORTANZA |
|---|------------|
| Certificazione di classe e dalla SOLAS | 5 |
| Piano di Sicurezza (Conformità al DL 271/99) | 4 |
| Certificazione GMDSS area A1+A2+A3 (Navigazione internazionale lunga) | 4 |
| Consistenza dei fanali e segnali di navigazione come previsto dalla COLERG 72 | 4 |
| Consistenza delle bussole approvate come da DPR 435/91 | 4 |
| Approvazione piano dei mezzi di Governo come da DPR 435/91 | 3 |

Tabella 4.3: Importanze ASSOLUTE dei Bisogni della Sicurezza

3. STABILITÀ

| REQUISITO | IMPORTANZA |
|---|------------|
| Piano di Stabilità approvato all'articolo 35 del DPR 435/91 | 5 |

Tabella 4.4: Importanze ASSOLUTE dei Bisogni della Stabilità

4. MANOVRABILITÀ

| REQUISITO | IMPORTANZA |
|-----------------------------|------------|
| Propulsione azimutale DR/SN | 5 |
| Elica di manovra prodiera | 3 |

Tabella 4.5: Importanze ASSOLUTE dei Bisogni della Manovrabilità

5. AREA OPERATIVA

| REQUISITO | IMPORTANZA |
|-------------------------|------------|
| Navigazione illimitata. | 5 |

Tabella 4.6: Importanze ASSOLUTE dei Bisogni dell'Area Operativa

6. AFFIDABILITÀ

| REQUISITO | IMPORTANZA |
|--|------------|
| Qualità degli impianti di propulsione | 4 |
| Qualità degli impianti ausiliari | 4 |
| Qualità delle dotazioni di salvataggio | 3 |
| Qualità delle dotazioni antincendio | 3 |
| Qualità degli strumenti di navigazione e comunicazione | 3 |

Tabella 4.7: Importanze ASSOLUTE dei Bisogni dell'Affidabilità

7.ABITABILITÀ

| REQUISITO | IMPORTANZA |
|--|------------|
| Consistenza delle cabine dell'equipaggio | 3 |
| Consistenza dei posti letto | 3 |
| Dotazione di climatizzazione idonea a viaggi in zone tropicali (impianto singolo o doppio) | 2 |
| Dotazione impianto di riscaldamento idoneo alle zone polari | 2 |
| Consistenza dei servizi igienici | 2 |
| Esistenza della cambusa (secco o refrigerato) | 2 |
| Esistenza della sala ricreativa. | 1 |

Tabella 4.8: Importanze ASSOLUTE dei Bisogni dell'Abitabilità

4.2.2. IMPORTANZA RELATIVA DEI BISOGNI

Dopo aver attribuito ad ogni requisito un livello di importanza, è facile calcolare l'importanza relativa, dopo aver calcolato la SOMMA dei pesi dei singoli bisogni.

1. MULTIFUNZIONALITÀ

| REQUISITO | IMPORTANZA | IMPORTANZA RELATIVA |
|--|------------|---------------------|
| Rimorchio portuale | 5 | 0,054 |
| Rimorchio in altura | 4 | 0,043 |
| Servizio Rec-oil | 3 | 0,032 |
| Servizio Fire-fighting | 4 | 0,043 |
| Dotazione di service crane con relativo registro dei mezzi di carico approvato dall'ente di classifica | 3 | 0,032 |

Tabella 4.9: Importanze RELATIVE dei Bisogni della Multifunzionalità

2. SICUREZZA

| REQUISITO | IMPORTANZA | IMPORTANZA RELATIVA |
|---|------------|---------------------|
| Certificazione di classe e dalla SOLAS | 5 | 0,054 |
| Piano di Sicurezza (Conformità al DL 271/99) | 4 | 0,043 |
| Certificazione GMDSS area A1+A2+A3 (Navigazione internazionale lunga) | 4 | 0,043 |
| Consistenza dei fanali e segnali di navigazione come previsto dalla COLERG 72 | 4 | 0,043 |
| Consistenza delle bussole approvate come da DPR 435/91 | 4 | 0,043 |
| Approvazione piano dei mezzi di Governo come da DPR 435/91 | 3 | 0,032 |

Tabella 4.10: Importanze RELATIVE dei Bisogni della Sicurezza

3. STABILITÀ

| REQUISITO | IMPORTANZA | IMPORTANZA RELATIVA |
|---|------------|---------------------|
| Piano di Stabilità approvato all'articolo 35 del DPR 435/91 | 5 | 0,054 |

Tabella 4.11: Importanze RELATIVE dei Bisogni della Stabilità

4. MANOVRABILITÀ

| REQUISITO | IMPORTANZA | IMPORTANZA RELATIVA |
|-----------------------------|------------|---------------------|
| Propulsione azimutale DR/SN | 5 | 0,054 |
| Elica di manovra prodiera | 3 | 0,032 |

Tabella 4.12: Importanze RELATIVE dei Bisogni della Manovrabilità

5. AREA OPERATIVA

| REQUISITO | IMPORTANZA | IMPORTANZA RELATIVA |
|-------------------------|------------|---------------------|
| Navigazione illimitata. | 5 | 0,054 |

Tabella 4.13: Importanze RELATIVE dei Bisogni dell'Area Operativa

6. AFFIDABILITÀ

| REQUISITO | IMPORTANZA | IMPORTANZA RELATIVA |
|--|------------|---------------------|
| Qualità degli impianti di propulsione | 4 | 0,043 |
| Qualità degli impianti ausiliari | 4 | 0,043 |
| Qualità delle dotazioni di salvataggio | 3 | 0,032 |
| Qualità delle dotazioni antincendio | 3 | 0,032 |
| Qualità degli strumenti di navigazione e comunicazione | 3 | 0,032 |

Tabella 4.14: Importanze RELATIVE dei Bisogni dell'Affidabilità

7. ABITABILITÀ

| REQUISITO | IMPORTANZA | IMPORTANZA RELATIVA |
|--|------------|---------------------|
| Consistenza delle cabine dell'equipaggio | 3 | 0,032 |
| Consistenza dei posti letto | 3 | 0,032 |
| Dotazione di climatizzazione idonea a viaggi in zone tropicali (impianto singolo o doppio) | 2 | 0,022 |
| Dotazione impianto di riscaldamento idoneo alle zone polari | 2 | 0,022 |
| Consistenza dei servizi igienici | 2 | 0,022 |
| Esistenza della cambusa (secco o refrigerato) | 2 | 0,022 |
| Esistenza della sala ricreativa. | 1 | 0,011 |

Tabella 4.15: Importanze RELATIVE dei Bisogni dell'Abitabilità

4.3. CARATTERISTICHE TECNICHE DI UN RIMORCHIATORE

In fase di acquisizione di un rimorchiatore vengono individuate le caratteristiche tecniche, definite in fase di progettazione. Queste vengono analizzate nelle relative "Specifiche tecniche".

Ogni cantiere di costruzione stila dei documenti, suddivisi in varie sezioni, in cui viene descritto il rimorchiatore in tutte le sue parti.

4.3.1. ESEMPIO DI SEZIONI DI UNA SPECIFICA TECNICA

Generalmente le sezioni di cui si compone la Specifica tecnica sono:

1. PARTE GENERALE

In questa parte vengono descritti i particolari del Rimorchiatore in questione, la sua funzione, le dimensioni (quali lunghezza, larghezza, pescaggio o stazza), le capacità dei serbatoi che possiede (tra cui serbatoio di nafta, acqua ecc.), le performance come la velocità o la Bollard Pull (questa è definita come forza di tiro a punto fisso, considerata di gran lunga come una delle caratteristiche salienti di un rimorchiatore e che pertanto lo differenzia dagli altri). Tale caratteristica è proporzionale alla potenza degli impianti propulsivi. Aumentando la forza di tiro a parità di dimensioni, avremo un rimorchiatore molto compatto e con superiori possibilità d'impiego e relativi ricavi.

Inoltre ci si può soffermare sulla Regolamentazione e sulle Leggi Internazionali su cui si basa il rimorchiatore. La IMO (International Maritime Organization) definisce varie regolamentazioni e quali sono gli standard che la nave in questione deve rispettare. Inoltre, l'IMO specifica i protocolli per le indagini sugli incidenti marittimi seguiti dalle autorità per la sicurezza del trasporto dei paesi firmatari della convenzione sulla navigazione civile internazionale.

Tra queste regolamentazioni si individuano:

- COLREG (International Regulations for Preventing Collisions at Sea): venne pubblicata dalla IMO nel 1972, si suddivide in vari trattati e fu stilata per individuare quali fossero le regole di navigazione che devono seguire le navi affinché potessero essere evitate le collisioni tra di loro.

- SOLAS (International Convention for the Safety of the Life at Sea): è un trattato marittimo internazionale che ha l'obiettivo principale di individuare quali sono quelle richieste per la costruzione, equipaggiamento ed il funzionamento delle navi, che siano compatibili con la loro sicurezza. Gli Stati di bandiera hanno la responsabilità di garantire che le navi sotto la loro bandiera rispettino i propri requisiti. Ciò viene garantito dai certificati prescritti nella Convenzione. La SOLAS contiene anche la parte inerente la GMDSS.

La GMDSS (Global Maritime Distress and Safety System) definisce una serie di procedure di sicurezza, tipologie di attrezzature e protocolli di comunicazione internazionale riconosciuti per aumentare la sicurezza e facilitare il recupero delle navi in pericolo. Secondo il GMDSS, si può suddividere il Mondo in 4 aree marino-geografiche principali, che sono AREA A1, A2, A3 e A4.

1. AREA A1: aree sotto la copertura di una stazione Vhf di terra, circa 30 Miglia nautiche
 2. AREA A2: aree sotto la copertura di una stazione costiera MF, circa 100 Miglia nautiche (fuori l'area A1)
 3. AREA A3: aree sotto la copertura del sistema satellitare Immarsat (fuori le aree A1 e A2)
 4. AREA A4: aree polari, ovvero oltre il 70° parallelo (fuori le aree A1, A2, A3)
- ICLL (International Convention on Load Lines, Convenzione Internazionale sul bordo libero): in questa convenzione viene definita la massima immersione che la nave può avere, nel corso di una determinata traversata. Indica la distanza misurata su una perpendicolare tra ponte di bordo libero e il piano di galleggiamento massimo consentito.

Inoltre, in questa convenzione, vengono garantiti: congrua riserva di spinta, congrua riserva di stabilità, attitudine a resistere a sovrappesi indipendenti dalle volontà di bordo, limitazione degli sforzi a cui è soggetta la nave o attitudine della nave a non imbarcare acqua nei movimenti di beccheggio. Il beccheggio indica l'oscillazione di un'imbarcazione di tipo longitudinale. Si ricorda che le oscillazioni possono anche essere di tipo trasversale, questo fenomeno è invece soprannominato "Rollio".

- HACCP (Hazard Analysis and Critical Control Points) è un sistema di autocontrollo igienico nei pubblici esercizi e nelle industrie alimentari. Prevede che il responsabile dell'azienda alimentare debba garantire che la preparazione, la trasformazione, la fabbricazione, il confezionamento, il deposito, il trasporto, la distribuzione, la manipolazione, la vendita o la fornitura, compresa la somministrazione dei prodotti alimentari, siano effettuati in modo igienico. Tale metodologia è oggi la più diffusa per valutare i rischi e i pericoli legati alla sicurezza igienica dei prodotti e dei processi e per stabilire adeguate misure di controllo.
- MLC 2006 (Maritime Labour Convention of 2006) indica la Convenzione Internazionale sul lavoro marittimo e racchiude *"il più possibile tutte le norme aggiornate contenute nelle attuali convenzioni e raccomandazioni internazionali del lavoro marittimo nonché i principi*

fondamentali riportati nelle altre convenzioni internazionali del lavoro”, come cita il Preambolo della convenzione stessa.

- ILO (International Labour Organization) che si occupa di promuovere la giustizia sociale e i diritti umani, internazionalmente riconosciuti, con un particolare riferimento a quelli riguardanti il lavoro in tutti i suoi aspetti.

- MARPOL (Convenzione internazionale per la prevenzione dell'inquinamento causato dalle navi). Senza dubbio è una tra le più importanti convenzioni ambientali internazionali, nata con lo scopo di ridurre al minimo l'inquinamento in mare causato dai rifiuti marittimi, idrocarburi e gas di scarico, inquinamento di tipo accidentale ma anche prodotto da operazioni di routine.

Questa Convenzione si applica a tutte le navi che battono la bandiera di uno Stato membro della Convenzione o che operano all'interno della sua giurisdizione e ad imbarcazioni di qualsiasi tipo che operano in ambiente marino come aliscafi, veicoli a cuscino d'aria, sommergibili, natanti e piattaforme fisse o galleggianti. Si suddivide in diverse sezioni, ovvero degli Allegati) ognuna delle quali definisce una diversa fonte di inquinamento, quali inquinamento da petrolio, sostanze liquide nocive trasportate alla rinfusa, inquinamento da sostanze dannose trasportate in imballaggi, inquinamento da liquami o atmosferico.

I certificati che deve disporre una nave per essere conforme agli Allegati MARPOL sono:

1. IOPP (International Oil Pollution Prevention Certificate)
2. ISPP (International Sewage Pollution Prevention Certificate)
3. IAPP (International Air Pollution Prevention Certificate)
4. NLS (International Pollution Prevention Certificate for the Carriage of Noxious Liquid Substances).

I Rimorchiatori, come tutte le navi, vengono costruite e classificate seguendo i criteri e le norme dagli enti di classifica internazionali facenti parte di una associazione chiamate IACS (International association of classification society).

Di questa associazione fanno parte due degli enti a cui si affida generalmente la SOMAT quali RINA e il BUREAU VERITAS.

Il RINA (Registro Italiano Navale), costituito a Genova nel 1861 su iniziativa dell'Associazione della Mutua Assicurazione Marittima e degli armatori genovesi. Si tratta di un ente di classificazione, che stabilisce una serie di norme e specifiche tecniche per la progettazione e costruzione di natanti e piattaforme petrolifere. L'ente di classificazione si occupa di varie attività quali:

- CLASSIFICAZIONE: consiste nell'attribuire una determinata classe ad un natante seguendo dei criteri e requisiti stabiliti dallo stesso ente;
- CERTIFICAZIONE: consiste nel verificare la conformità dei natanti e delle loro attrezzature ai regolamenti nazionali e internazionali, relativi alla classe di appartenenza. Il rilascio del certificato avviene dopo una verifica positiva (esempio: che i disegni e i calcoli rispettino

le regole, controlli che la costruzione e il progetto coincidano, ispezioni periodiche relativi alla validità dei requisiti nel tempo);

- Tenuta di PUBBLICI REGISTRI (ovvero quelli navali).

Tra le altre società di Classificazione si individua la Bureau Veritas, azienda francese di rilevanza mondiale, che si occupa di valutazione ed analisi dei rischi legati alla qualità dell'ambiente, alla salute, alla sicurezza e alla responsabilità sociale, in tutti i settori.

Le società di Classificazione definiscono che l'unità in questione venga costruita in modo di incontrare o eccedere i requisiti richiesti da questa per la conformità.

Inoltre a seconda delle particolarità costruttive o delle dotazioni di cui dispongono, possono essere rilasciate delle notazioni aggiuntive come per esempio Escort, Unrestricted Navigation, Fire Fighting Ship, Recoil o Salvage.

Nella prima parte vengono anche definiti i termini del contratto, quali siano lo scopo della Specifica, la Responsabilità del costruttore navale, Assicurazioni o Approvazioni ed in seguito i livelli di abitabilità che devono essere raggiunti.

2. STRUTTURA DELLO SCAFO E DETTAGLI

In questa parte vengono descritti in modo dettagliato i materiali di costruzione, la struttura dello scafo, del suo montaggio. Inoltre ci si concentra sulla struttura del ponte, del timone, dei serbatoi o delle fondamenta.

3. ARREDAMENTO

Questa parte riguarda le caratteristiche delle porte, tombini, portelli, piastre di accesso, finestre, oblò o per esempio rivestimenti per pavimenti.

4. ARREDAMENTO E MACCHINARI DI COPERTA

Qui vengono definiti i sistemi di ancoraggio, le attrezzature per l'ormeggio, per il traino, le attrezzature necessarie alla movimentazione delle merci.

5. MACCHINARI DI PROPULSIONE

Qui si definiscono i principali macchinari di propulsione, frizioni, sistema d'albero e le unità di propulsione.

6. SISTEMI ELETTRICI

Vengono descritti i sistemi, i generatori di potenza, i gruppi elettrogeni di servizio dell'unità, trasformatori, generatori elettrici o i sistemi di illuminazione all'interno dei rimorchiatori.

7. SERVIZI DEL RIMORCHIATORE

Questa parte indica il materiale utilizzato per le tubature, il sistema del carburante, delle sentine o quello antincendio. Inoltre ci si sofferma sul sistema esterno di Fire-Fighting o sul sistema di Machinery cooling, sui servizi offerti dai compressori o dal sistema idraulico.

8. SISTEMI DOMESTICI

Analizza il sistema di ventilazione, sistema di riscaldamento e aria condizionata, sistema di acqua potabile e di black/grey water.

9. CONTROLLO, COMUNICAZIONE E NAVIGAZIONE

Analizza lo steering system, il sistema di allarme o di monitoraggio, ovvero quali sono i sistemi utilizzati per la comunicazione e chiedere aiuto durante la navigazione

Lo scopo di questo elaborato è quello di individuare le Caratteristiche tecniche ideali che deve avere un Rimorchiatore affinché rispecchi i Requisiti minimi richiesti dalla Somat e che quindi venga acquisito.

5.3.2. CARATTERISTICHE TECNICHE PRINCIPALI

I bisogni del cliente vanno tradotti in requisiti tecnici: è stata così stilata una lista di specifiche che vanno a costituire le principali caratteristiche tecniche su cui attuare un confronto. Sono state individuate le 18 Caratteristiche tecniche quali:

1. LUNGHEZZA FUORI TUTTO

Definita anche come LOA (length overall), indica la lunghezza massima di un'imbarcazione, fondamentale principalmente nelle operazioni di ormeggio. È la distanza, misurata in linea retta, tra il punto estremo anteriore della prua e il punto estremo posteriore della poppa, escluse tutte le appendici.

2. LARGHEZZA MASSIMA

Indica la larghezza nel punto più largo misurata alla linea di galleggiamento nominale dell'unità.

La linea di galleggiamento, anche definita linea d'acqua, è l'intersezione tra il piano di galleggiamento di una nave e la superficie esterna dello scafo. Il piano di galleggiamento, a sua volta, indica il piano orizzontale coincidente con il piano che corrisponde al livello del fluido calmo su cui esso galleggia. Rappresenta quindi la superficie orizzontale che separa la parte immersa dalla parte emersa.

Il piano di galleggiamento può essere di tre tipologie differenti:

- Galleggiamento di pieno carico normale o di progetto è definito come il massimo galleggiamento diritto consentito della nave, per un dislocamento corrispondente a nave completa e pronta a salpare. Prevede il carico e tutte le riserve di consumabili totalmente imbarcati. Costituisce il riferimento base con la linea di costruzione, a cui è parallelo;
- Galleggiamento di nave vacante è definito invece come il galleggiamento che corrisponde alla nave pronta a salpare. In questa condizione però essa non contiene né il carico, né l'equipaggiamento con i suoi effetti personali e i consumabili;
- Piano di galleggiamento di nave scarica asciutta è indicato come quella condizione per cui non ci sono presenti i fluidi all'interno delle tubature.

Il dislocamento di una nave, invece, indica la massa di acqua che essa sposta per il principio di Archimede, e che quindi coincide alla massa totale della nave stessa.

3. PESCAGGIO

Indica l'altezza della parte che rimane immersa in acqua, ovvero la distanza tra la linea di galleggiamento e il punto inferiore estremo della chiglia. Questa indica la trave longitudinale a sezione quadrata o rettangolare con percorre l'imbarcazione da poppa a prua, nella parte sommersa destinata al galleggiamento. Il pescaggio in genere varia in funzione del peso imbarcato e, quindi, è proporzionato ad esso.

4. STAZZA

La stazza rappresenta la somma dei volumi degli spazi interni, ermeticamente chiusi all'acqua, di una nave o di un natante o di un galleggiante di qualunque tipo. La sua unità di misura, fino all'entrata in vigore della normativa internazionale dell'*International Maritime Organization*, era la tonnellata di stazza, ovvero un'unità di volume corrispondente a 100 piedi cubi.

Bisogna differenziare la Stazza lorda dalla Stazza netta. La stazza lorda viene oggi indicata da GT (Gross Tonnage) e comprende tutti i volumi interni della nave, tra cui le zone riservate all'equipaggio e gli spazi della sala macchina, del combustibile con i serbatoi. Può essere misurata a partire dalla superficie esterna delle paratie.

La stazza netta è invece solo la parte riservata a scopi di tipologia commerciale. Quest'ultima non comprende, quindi, la parte degli impianti e servizi dell'unità e si misura dalla superficie interna dei locali.

5. BOLLARD PULL

È la misura convenzionale della forza di tiro o trazione di una nave o unità navale. Indica la massima trazione esercitata da un'unità sotto un carico massimo.

Esistono due modi per stabilire questi valori: prove pratiche e simulazioni.

Per quanto riguarda le prove pratiche avvengono attraverso un collegamento fisico di un dispositivo di misurazione alla barca e un oggetto immobile. La lettura della forza risultante avviene quando la barca è sottoposta a piena spinta e, attraverso i calcoli eseguiti su software molto sofisticati, si ottengono i risultati della simulazione. Le condizioni ambientali però possono incidere sui risultati, per questo motivo le prove pratiche non sono sempre accurate.

Le simulazioni invece sono costose e generalmente utilizzate solo dalle grandi compagnie di navigazione.

È molto complicato stabilire la forza di trazione dei rimorchiatori: questa può dipendere da fattori quali diversi sistemi di propulsione, tipi di trasmissione o perdite di efficienza.

Vengono utilizzati i test di tirata del dissuasore, i quali restituiscono risultati più realistici. Questi vengono impiegati per stabilire valori di tiraggio delle imbarcazioni funzionanti. I risultati vengono ottenuti quindi attraverso le simulazioni oppure mediante le prove pratiche.

Queste prove pratiche comportano la sospensione di un estensimetro su un cavo marino che è attaccato da un lato a un oggetto immobile e dall'altro al mezzo di prova. Come punti di ancoraggio vengono impiegati per lo più i dissuasori di ormeggio. Quando viene applicata la massima spinta ai motori dell'imbarcazione, la quantità di potenza di trazione esercitata sul cavo viene letta dall'indicatore. Questo è il più economico dei due metodi ed è spesso adottato dai produttori di navi più piccoli per testare le navi una tantum.

Questa tipologia di test di dissuasori è molto difficile da eseguire in modo accurato in quanto dipende dalle condizioni in cui si trova, può dipendere, per esempio, da fattori come forti correnti o venti che influiscono sulla forza. Inoltre la forza generata dalla spinta deve dipendere soltanto dall'elica della nave, non devono intervenire forze esterne come il rimbalzo causato dagli ostacoli. Esistono anche i test di tiro a bitta simulata, più semplici da eseguire ma più costosi rispetto alle prove pratiche. Si tratta di calcoli matematici mediante un software di simulazione marina altamente sofisticato e accurato. I cantieri navali, generalmente, optano per le prove di tiro a bitta simulate. Per quanto precisi, i test di trazione simulati sono tuttavia spesso supportati da risultati pratici dei test di prova.

6. VELOCITÀ

La velocità si calcola in nodi.

Il nodo equivale ad un miglio nautico l'ora, anche se non è un'unità di misura del Sistema internazionale, viene comunque accettata, sia in ambito nautico che aereo. 1 nodo è equivalente a circa:

- 0,514 m/s
- 1,852 km/h (esatto)
- 1,15 mph
- 1 NM/h (esatto, per definizione)

7. NOTAZIONI AGGIUNTIVE DI CLASSE

I rimorchiatori devono essere costruiti in modo da rispecchiare tutte le richieste della società di Classificazione in questione. Nel caso specifico, la Somat possiede dei rimorchiatori che rispettano le Notazioni di Classe richieste da società di classificazione come “Rina”.

Attraverso i risultati ottenuti, viene dimostrato che la nave è stata progettata secondo determinati standard tecnici. Secondo il Regolamento RINA, infatti, la classe assegnata ad una nave rappresenta l’opinione discrezionale della Società che la nave, per condizioni dichiarate d’uso ed entro i relativi termini di tempo, è conforme ai Regolamenti applicabili al momento in cui il servizio viene reso. La classificazione consiste nelle seguenti attività:

- Lo sviluppo di Regolamenti, guide ed altri documenti relativi alla nave, alle strutture, ai materiali, alle dotazioni, ai macchinari ed ogni altro elemento coperto da tali documenti
- L’esame dei piani e dei calcoli e le visite, i controlli e le prove intesi ad assicurare che la nave sia conforme ai Regolamenti
- L’assegnazione della classe ed il rilascio del Certificato di Classe, quando i suddetti Regolamenti siano rispettati
- L’esecuzione delle visite periodiche, occasionali e di rinnovo della classe al fine di verificare che la nave in esercizio rispetti le condizioni per il mantenimento della classe

In un certificato di classe vengono indicati, tra le altre cose, la lunghezza fuori tutto e altre tipologie di lunghezza (lunghezza fra le perpendicolari, lunghezza di costruzione), la stazza lorda e quella netta, il numero di motori principali, la potenza in Watt o il Pescaggio. Inoltre è presente il Cantiere e la Data di costruzione.

Vengono indicate le Notazioni aggiuntive di classe come, per esempio:

- C: E’ assegnata solo una sigla principale di classe; questa è la sigla della più alta classe C ed il periodo di classe è 5 anni per tutte le navi.

Dopo vengono inserite delle marche di sorveglianza:

| Precedente | Presente | Osservazioni |
|--|----------|--|
| ✱ o ★ | ✱ | La Marca Stella (★) non è più assegnata anche quando sia allo scafo che alle macchine sono state assegnate la Croce di Malta (✱) |
| NESSUN SIMBOLO | ☞ | Questa marca di sorveglianza alla costruzione è assegnata solo alle navi classificate dopo la costruzione e precedentemente in classe con un’altra Società appartenente all’IACS |
| NESSUN SIMBOLO | ● | Questa marca è assegnata in tutti i casi diversi da quelli sopra definiti |
| In questo Regolamento, ciascuna marca di sorveglianza alla costruzione assegnata è seguita dal simbolo HULL o MACH . Se la stessa marca è assegnata sia allo scafo che alle macchine, è assegnata esclusivamente la marca senza aggiungere i due simboli HULL e MACH | | |

Tabella 4.16: Marche di Sorveglianza

La marca di sorveglianza alla costruzione è posta prima della sigla HULL per lo scafo, prima della sigla MACH per le installazioni di macchina, e prima della notazione addizionale di classe assegnata, nel caso in cui tale notazione preveda una marca di sorveglianza.

Quando la stessa marca di sorveglianza è assegnata sia allo scafo che alle macchine, la marca di sorveglianza alla costruzione è assegnata globalmente alla nave senza l'indicazione HULL e MACH dopo la sigla principale di classe.

Se la nave non ha macchinari coperti dalla classe, la sigla MACH non è assegnata e la marca di sorveglianza è posta prima della sigla HULL.

Tra le notazioni aggiuntive di classe sono presenti:

- *ESCORT TUG*: assegnabile a navi specificamente equipaggiate per il rimorchio e/o la spinta, munite di particolari apparecchiature e dotazioni per la scorta di navi o unità durante la navigazione.
Per quanto riguarda il servizio di Rimorchio Escort, questo indica la capacità di fare da scorta ad altre navi. Quindi, nel caso in cui la nave debba transitare o navigare in spazi ristretti, il rimorchiatore in condizioni normali deve rimanere agganciato ad essa attraverso cavi e verricelli di rimorchio ed esso viene trainato dalla nave (situazione di equilibrio, in cui non viene esercitata nessuna tipologia di forza).
Nel caso in cui, però, si verifichi un'avaria ai propulsori della nave da scortare, il rimorchiatore deve essere in grado di fermare l'abbrivo dovuto alla forza di inerzia della nave (che sta procedendo a motori spenti) e, quindi, di metterla in condizioni di sicurezza, rimorchiandola su rotte sicure.
- *SALVAGE TUG*: assegnabile a navi specificamente equipaggiate per il rimorchio e/o la spinta, munite di particolari apparecchiature e dotazioni per il salvataggio.
- *OIL RECOVERY SHIP*: l'assegnazione di tale notazione avviene per le navi specificamente equipaggiate con sistemazioni fisse e/o dotazioni mobili per la rimozione di prodotti oleosi dalla superficie del mare, la loro ritenzione a bordo, il loro trasporto e la successiva scarica.
- *FIRE FIGHTING SHIP*: questa notazione, invece, viene assegnata a navi adibite specificamente ed equipaggiate per combattere gli incendi.
Questa notazione di servizio può essere completata dalle seguenti caratteristiche addizionali di servizio, a seconda dell'applicabilità:
 - 1 o 2 o 3, quando la nave è conforme ad altre tipologie di norme, secondo il Regolamento Rina
 - E, quando le caratteristiche dell'impianto antincendio ad acqua non sono quelle richieste per l'assegnazione delle caratteristiche addizionali di servizio 1, 2 o 3, e quando l'impianto è stato ritenuto idoneo dopo particolare considerazione da parte della Società
 - water-spraying, quando la nave è munita di un impianto ad acqua spruzzata per autoprotezione che soddisfi alle norme applicabili della Parte E, Cap 16, Sez 4,
- *UNRESTRICTED NAVIGATION*: Questa notazione viene assegnata ad una nave destinata ad esercire in qualsiasi area ed in qualsiasi periodo dell'anno.

Queste cinque notazioni di classe aggiuntive sono state utilizzate per l'implementazione dell'algoritmo Q-Bench, in quanto sono le principali richieste dai clienti della Somat.

Però, esistono anche altre notazioni di classe aggiuntive quali:

- AUT-UMS: assegnata alle navi che siano provviste di impianti automatizzati che consentano alla nave di avere i locali macchine periodicamente non presidiati in tutte le condizioni di navigazione compresa la manovra
- AUT-PORT: è assegnata a navi che siano provviste di impianti automatizzati che consentano alla nave il funzionamento in porto o all'ancora senza personale specificamente assegnato alla sorveglianza delle macchine in servizio

8. CAPACITÀ DEL SERBATOIO DI COMBUSTIBILE:

Indicato in m³ e rappresenta la scorta di combustibile che può contenere il rimorchiatore

9. CAPACITÀ DEL SERBATOIO DI ACQUA POTABILE

Indicato in m³ e rappresenta la scorta di acqua dolce che può contenere il rimorchiatore

10. CASA DI PRODUZIONE DEL MOTORE PRINCIPALE

Il motore principale serve per generare la forza necessaria alla propulsione del mezzo. Una maggiore potenza genera maggiore forza di tiro e maggiore velocità, la potenza dei motori è proporzionale al tiro e alla velocità.

11. CONSISTENZA DEGLI IMPIANTI AUSILIARI E DEI GENSET

Gli impianti ausiliari sono i generatori, cioè i macchinari che producono energia elettrica, necessaria per alimentare tutti i macchinari ausiliari di bordo (ad esempio: pompe per il servizio antincendio, pompa zavorra, pompe per il travaso combustibili, gru di servizio, gru adibite alla movimentazione di imbarcazioni di salvataggio oppure battelli di emergenza, strumenti di navigazione, strumenti di comunicazione, verricelli di rimorchio e verricelli per le ancore).

12. DISPONIBILITÀ DEI BOW THRUSTERS

I bow thrusters sono impianti posti a prua necessari ad operazioni di manovra in spazi ristretti. Si può differenziare tra elica di manovra prodiera (bow thruster) da elica di manovra poppiera (stern thruster), in base alla sua collocazione.

Si tratta di un dispositivo di propulsione trasversale incorporato o montato a prora o a poppa di una nave o di una imbarcazione, con l'obiettivo di rendere questa più manovrabile.

Le eliche di manovra prodire rendono più agevole l'approdo e il disormeggio poiché permettono al comandante di accostare la nave sul lato di dritta o quello di sinistra senza utilizzare il sistema di propulsione principale che richiede un certo movimento di avanzamento per poter essere efficiente. L'efficacia del propulsore viene ridotta, a causa dell'effetto Coandă, da qualsiasi movimento in avanti. Questo effetto indica la tendenza di un getto di fluido a seguire il contorno di una superficie vicina.

Anche le eliche di manovra poppiere seguono questo stesso principio. Le grandi navi possono montare più propulsori a prora e così come a poppa.

Negli ASD tug, il bow thruster non è strettamente necessario, in quanto l'utilizzo dei propulsori garantisce una spinta omnidirezionale, in grado di sostituirli.

13. CASA DI PRODUZIONE DEI PROPULSORI

Un propulsore azimutale è un propulsore navale che può essere ruotato secondo un asse verticale (da qui il nome) e pertanto orientato in una qualsiasi direzione orizzontale, rendendo inutile la presenza del timone. Perlopiù viene impiegato per le tratte maggiori e la sua presenza può consentire una maggiore manovrabilità della nave rispetto ad un sistema di propulsione costituito da eliche fisse e da un timone.

14. CASA DI PRODUZIONE DEGLI STRUMENTI DI NAVIGAZIONE E COMUNICAZIONE

Gli strumenti navigazione servono all'equipaggio per orientarsi in mare, quindi per leggere la posizione. Tra questi strumenti si ricordano per esempio le bussole, i radar, i GPS, l'anemometro, il solcometro, il plotter cartografico, oppure l'ecoscandaglio.

Gli strumenti di comunicazione sono necessari per trasmettere un segnale via mare alle capitanerie di porto o negli uffici sulla terra. Vengono sfruttate onde radio e strumenti satellitari.

15. CONSISTENZA DEGLI EQUIPAGGIAMENTI PER IL RIMORCHIO

Si tratta di dotazioni installate nel rimorchiatore per agganciare una nave o qualsiasi natante a questo. Si tratta dei verricelli, dei ganci, o del towing pin.

Il verricello può essere azionato in modo elettrico oppure idraulico. La sua consistenza può essere a singolo o doppio rullo. Quando è presente il doppio rullo, questo consente una maggiore sicurezza in quanto viene impiegato specialmente nel caso di rottura del primo.

Il gancio di rimorchio è una struttura metallica agganciata al rimorchiatore, viene fornito dalla nave che deve essere trainata o rimorchiata. Questo meccanismo funziona mediante la presenza di un cavo.

Il towing pin è una struttura installata a poppa del rimorchiatore, per evitare il movimento del cavo in coperta. Il cavo viene fatto passare attraverso i towing pin e permette all'equipaggio di lavorare in condizioni sicurezza.

16. CANTIERE DI COSTRUZIONE

La SOMAT, per la costruzione dei suoi rimorchiatori, si è sempre affidata a Cantieri navali internazionali. Tra questi, per esempio:

1. SANMAR
2. BOGAZIGI
3. DAMEN SHIPYARD

Si tratta di grandi società, che producono rimorchiatori e offrono servizi in vari paesi del mondo.

Questi cantieri si occupano della costruzione di differenti tipologie di rimorchiatori come per esempio ASD, Tractor, Conventional, per la costruzione di navi pilota o anche rimorchiatori "Anti Oil Pollution"

17. PROGETTISTA

In genere, i rimorchiatori vengono progettati da Robert Allan, Damen o da Cintrana.

18. CONSISTENZA DEGLI IMPIANTI DI CLIMATIZZAZIONE

Si riferisce alla dotazione dei servizi di climatizzazione o del servizio di riscaldamento del rimorchiatore, fondamentali soprattutto per i lunghi viaggi a cui sono destinati.

All'interno della specifica tecnica, fornita dal cantiere di costruzione, generalmente, vengono specificate le funzionalità di questi impianti e le varie dotazioni.

Si può attribuire un segno per ogni specifica tecnica, ovvero la direzione a cui tendere per ottenere un risultato migliore.

Si può dire che il confronto va effettuato a partire dal valore di Bollard Pull, ovvero ciò che caratterizza il rimorchiatore. Maggiore è il valore di Bollard Pull, migliori saranno le sue prestazioni.

Le prime caratteristiche tecniche sono più o meno proporzionali tra di loro, all'aumentare delle dimensioni (quali lunghezza, larghezza o pescaggio) aumenta anche la stazza. La cosa fondamentale è però che queste dimensioni non siano eccessivamente elevate, in quanto potrebbero essere ingombranti, soprattutto nelle richieste di servizi portuali. È importante quindi trovare un compromesso per attribuire un valore ottimo a queste grandezze (ne' troppo elevato, ne' troppo ridotto, in quanto poi diventa difficile la funzionalità per altri servizi che la Somat deve offrire). Anche le capacità dei serbatoi di combustibile o di acqua potabile sono preferibili di dimensioni più elevate affinché influiscano sull'autonomia delle unità, come la consistenza degli impianti di climatizzazione.

Va specificato che per i requisiti della Somat, è importante che la stazza sia elevata (proporzionalmente alle altre grandezze) ma che non superi MAI il valore di 500 tonnellate, perché, in quel caso, deve rispondere ad altre normative molto più restrittive e i costi di gestione potrebbero lievitare in modo elevato. La richiesta della somat è che la stazza non debba superare mai il valore di 500 tonnellate. Inoltre, sopra le 500 tonnellate, il rimorchiatore non può offrire la tipologia di servizio portuale.

Per quanto riguarda invece le Notazioni aggiuntive di classe, è preferibile che siano in numero maggiore, poiché definiscono che il rimorchiatore sia stato costruito in conformità a certi standard tecnici e che quindi possa offrire determinati servizi.

Per quanto riguarda la presenza dei bow thrusters, questi rendono un rimorchiatore più manovrabile. Per le altre caratteristiche tecniche quali Motore principale, i propulsori o gli strumenti di navigazione e comunicazione sono state invece analizzate diverse case produttrici, alcune migliori di altre. Il discorso può essere considerato analogo per il Cantiere di costruzione o Progettista, per la differenza tra i diversi cantieri o diversi progettisti, sui quali si affida l'azienda Somat.

4.4. MATRICE DELLE RELAZIONI

Incrociando le Specifiche tecniche con i Requisiti del cliente, si può costruire la matrice delle relazioni, che ne consente di stabilire la correlazione presente.

Per costruire questa matrice, si possono utilizzare dei simboli o dei numeri che definiscono il tipo di correlazione che intercorre.

Comunemente viene impiegata la seguente simbologia:

| SIMBOLO | CORRELAZIONE |
|---------|---------------------|
| ● | Correlazione forte |
| ○ | Correlazione media |
| Δ | Correlazione debole |

Tabella 4.17: Correlazione e relativa simbologia

Questi simboli possono essere tradotti in valori nel modo seguente:

● = 9;

○ = 3;

Δ = 1.

La matrice delle relazioni consente di determinare in che modo la singola caratteristica tecnica influisce sui Bisogni del cliente, si veda il grafico in Appendice (Figura 1).

4.4.1. RELAZIONI TRA CARATTERISTICHE TECNICHE E REQUISITI

1. LUNGHEZZA FUORI TUTTO

Per quanto riguarda la lunghezza fuori tutto si sono potute individuare queste relazioni:

- Rimorchio portuale -1
- Rimorchio in altura +3
- Servizio Rec-Oil +1
- Piano di stabilità approvato dall'art.35 del DPR 435/91 -1
- Consistenza delle cabine dell'equipaggio +1
- Consistenza dei posti letto +3
- Consistenza dei servizi igienici +3
- Esistenza della cambusa +1
- Esistenza della sala ricreativa +1

Nel caso di Rimorchio portuale, è stata assunta una correlazione negativa di 1, in quanto, nelle zone portuali la soluzione migliore è quella di avere un rimorchiatore con dimensioni minori e che quindi sia più compatto. Nel caso opposto di Rimorchio in altura, invece, la correlazione è maggiore (3) ed è positiva in quanto al crescere delle dimensioni di un rimorchiatore, si ha un incremento della sua stabilità e quindi, in questo modo, può rispondere in modo più sicuro alle sollecitazioni del moto ondoso.

Si è scelto di attribuire un maggiore peso alla correlazione con il Rimorchio di altura poiché un rimorchiatore con maggiori dimensioni può comunque offrire un servizio di Rimorchio portuale, a differenza di un rimorchiatore con dimensioni inferiori, il quale non può essere certamente impiegato per operazioni di altura, a causa della sua minore stabilità.

Inoltre, si può attribuire una correlazione positiva di 1 anche con la prestazione del Servizio Re-coil: all'aumentare della lunghezza di un rimorchiatore, è possibile avere maggiori attrezzature e dotazioni per ricevere e raccogliere a bordo sostanze liquide ed oleose e stoccarle a bordo.

Per quanto riguarda la correlazione con il Piano di stabilità, le dimensioni incidono moltissimo sulla stabilità di un rimorchiatore: nel caso in cui un rimorchiatore abbia maggiori dimensioni, anche la sua stabilità sarà maggiore e quindi, in questo modo, il loro lavoro potrà essere svolto in maggiore sicurezza.

Ovviamente, maggiori sono le dimensioni di un rimorchiatore, maggiore sarà la comodità per i lavoratori a bordo: per questo si è scelto di dare una correlazione positiva alla Consistenza delle cabine dell'equipaggio, Consistenza dei posti letto, Consistenza dei servizi igienici, Esistenza della cambusa e Esistenza della sala ricreativa.

La Cambusa indica quello spazio, all'interno della nave, adibito allo stoccaggio dei viveri, alla loro conservazione e preparazione.

2. LARGHEZZA MASSIMA

Per quanto riguarda la larghezza massima si sono potute individuare queste relazioni:

- Rimorchio portuale -1
- Rimorchio in altura +3
- Servizio Rec-Oil +1
- Piano di stabilità approvato dall'art.35 del DPR 435/91 +1
- Navigazione illimitata +1
- Consistenza delle cabine dell'equipaggio +1
- Consistenza dei posti letto +3
- Consistenza dei servizi igienici +3
- Esistenza della cambusa +1
- Esistenza della sala ricreativa +1

Per quanto riguarda i servizi di Rimorchio portuale, Rimorchio in altura, Servizio Rec-Oil o Piano di Stabilità, le considerazioni fatte per la Lunghezza fuori sono del tutto analoghe per la larghezza massima di un rimorchiatore.

Anche per la Consistenza delle cabine dell'equipaggio, Consistenza dei posti letto, Consistenza dei servizi igienici, Esistenza della cambusa o Esistenza della sala ricreativa si può definire la stessa tipologia di correlazione.

In questo caso però c'è anche una correlazione con la Navigazione illimitata: una maggiore larghezza consente una maggiore stabilità (più forte rispetto ad un possibile legame con la lunghezza) e quindi una nave più larga può affrontare in modo più stabile situazioni avverse in mare aperto.

3. PESCAGGIO MASSIMO

Per quanto riguarda il pescaggio massimo si sono potute individuare queste relazioni:

- Rimorchio portuale -9
- Rimorchio in altura +1
- Piano di stabilità approvato dall'art.35 del DPR 435/91 +3
- Navigazione illimitata +3

Nel caso specifico di attività portuali, minore è il pescaggio, maggiore sarà la possibilità di svolgere questa tipologia di lavori, a causa della bassa profondità del fondale.

Invece, nel caso di Rimorchio in altura, si può fare la stessa considerazione fatta su Lunghezza e Larghezza massime: maggiore è il pescaggio, maggiore sarà la stabilità allora potrà più facilmente offrire un servizio di altura, come per quanto riguarda la correlazione con Piano di Stabilità e con l'area operativa di Navigazione Illimitata.

La correlazione adesso è maggiore perché il pescaggio, e quindi la profondità di un rimorchiatore, incide maggiormente sulla stabilità rispetto a lunghezza o larghezza.

4. STAZZA

Per quanto riguarda la stazza si sono potute individuare queste relazioni:

- Rimorchio portuale -3
- Rimorchio in altura +9
- Piano di stabilità approvato dall'art.35 del DPR 435/91 +3

In questo caso si sono potute identificare queste correlazioni per le stesse considerazioni fatte sulle altre caratteristiche tecniche precedentemente discusse.

Quindi, in caso di rimorchio portuale, un rimorchiatore con stazza minore è più compatto ed è capace di offrire una maggiore "comodità". Viceversa, in caso di rimorchio in altura, è più indicato un rimorchiatore più stabile, e quindi che abbia dimensioni maggiori.

Maggiore è la stazza, maggiore sarà la sua stabilità, perciò la correlazione positiva con il Piano di Stabilità.

5. BOLLARD PULL

Per quanto riguarda la Bollard pull si sono potute individuare queste relazioni:

- Rimorchio portuale +9
- Rimorchio in altura +9

Nel caso della Bollard Pull, questa indica la forza di tiro, la caratteristica principale del rimorchiatore, fondamentale per il loro impiego.

La correlazione con queste caratteristiche tecniche è positiva perché, per offrire queste tipologie di servizio, è fondamentale che la BP sia più elevata possibile.

6. VELOCITÀ

Per quanto riguarda la velocità si sono potute individuare queste relazioni:

- Rimorchio portuale +1
- Rimorchio in altura +1
- Navigazione illimitata +1

Anche se in modo minore, essa incide sui servizi di Rimorchio portuale ed altura. Durante la fornitura di tale servizio, la velocità che il rimorchiatore sostiene è molto bassa. Inoltre, essa incide anche sul requisito di Navigazione illimitata, allo stesso modo in cui incide su Rimorchio portuale e rimorchio in altura.

Inoltre, incide molto sui servizi di rimorchio Escort e servizio di rimorchio Salvage (non presenti nei requisiti della Somat, ma si tratta di ulteriori servizi aggiuntivi, possibili solo nel caso in cui il rimorchiatore possiede le relative Notazioni di classe aggiuntive): nel primo caso, per riuscire a mantenere la velocità della nave che sta scortando mentre, nelle operazioni di salvataggio, è molto importante che la velocità sia elevata affinché il rimorchiatore riesca ad arrivare il prima possibile nel punto in cui si trova la nave e poterla mettere il più presto possibile in condizioni di sicurezza.

7. NOTAZIONI AGGIUNTIVE DI CLASSE

Per quanto riguarda le notazioni aggiuntive di classe si sono potute individuare queste relazioni:

- Servizio di rimorchio in altura +1
- Servizio Rec-oil +1
- Servizio Fire-fighting +3
- Navigazione illimitata +3

Il rimorchiatore può offrire i servizi aggiuntivi (oltre al servizio fondamentale del rimorchio) qualora possieda le relative notazioni di classe aggiuntive e se viene costruito in modo tale da svolgere queste specifiche attività.

Si è ipotizzato un peso positivo, pari a 3, per il servizio di Fire-Fighting in quanto è uno dei servizi più comunemente richiesti da clienti della Somat, quali terminal Petroliferi, durante i contratti di noleggio.

La correlazione è pari a 3 anche per il requisito di Navigazione illimitata in quanto, per poter operare in altura, la maggior parte dei clienti della Somat richiede che il rimorchiatore possieda questa Notazione di classe aggiuntiva. Non si è ipotizzato un peso pari a 9 in quanto, nei terminal petroliferi, nei quali operano i rimorchiatori della Somat, non sempre è necessario avere tale notazione in quanto, per lo più, i mezzi offrono un servizio portuale o a poche miglia dalla costa.

Si è ipotizzata una correlazione pari a 1 con il Servizio di rimorchio in altura perché questo, anche se non è una Notazione di classe aggiuntiva, è collegato alla Navigazione illimitata.

La correlazione è pari a 1 anche con il servizio Rec-oil poiché, anche se solitamente è richiesto dai terminal petroliferi nei quali la Somat impiega i suoi rimorchiatori, è possibile aggiungere questa notazione di classe dopo che il rimorchiatore è stato acquistato.

Inoltre, i rimorchiatori possono offrire altri servizi grazie alle notazioni aggiuntive di classe, quali Rimorchio Escort o rimorchio Salvage, che però non sono dei requisiti richiesti dall'azienda in questo caso.

I terminal Petroliferi sono delle strutture adibite all'ormeggio delle navi petroliere. Durante l'ormeggio, il rimorchiatore rimane in assistenza e a servizio della nave in questione: sono richiesti dunque principalmente i servizi di Fire-Fighting (per spegnere l'incendio nel caso in cui questo si verifichi), Escort (per scortare la petroliera) o Rec-oil (per raccogliere le sostanze liquide e oleose).

8. CAPACITÀ DEL SERBATOIO DI COMBUSTIBILE

Per quanto riguarda la capacità del serbatoio di combustibile si sono potute individuare queste relazioni:

- Rimorchio di altura +9
- Navigazione illimitata +3

In questo caso la correlazione è positiva con il servizio di Rimorchio in altura: maggiore è la capacità del serbatoio di combustibile, maggiore sarà la sua autonomia nell'affrontare viaggi molto lunghi (richiesti durante il Rimorchio in altura).

Dato che la navigazione illimitata incide sul Rimorchio in altura (il rimorchio in altura è possibile solo se è presente la notazione di classe aggiuntiva “Un-restricted”, ovvero “Navigazione illimitata”) si è supposta una correlazione anche con questo secondo requisito, indicando, però, un valore minore, dato che incide in modo maggiore sull’autonomia che possiede un rimorchiatore piuttosto che sull’area operativa indicata.

La capacità del serbatoio di combustibile incide moltissimo sugli altri servizi differenti che può offrire un rimorchiatore: anche su rimorchio Escort o Salvage (citati precedentemente), in quanto maggiore sarà la sua autonomia, con più facilità raggiungerà le navi da scortare o potrà offrire un servizio di salvataggio.

9. CAPACITÀ DEL SERBATOIO DI ACQUA POTABILE

Per quanto riguarda la capacità del serbatoio di acqua potabile si sono potute individuare queste relazioni:

- Rimorchio di altura +3
- Navigazione illimitata +1
- Consistenza dei servizi igienici +1

Molto simile al caso precedente: maggiore è la capacità del serbatoio di acqua potabile allora maggiore sarà la capacità di poter offrire i servizi di Rimorchio in altura (anche se con un peso inferiore rispetto alla capacità del Serbatoio di combustibile) e, per lo stesso motivo, incide sul requisito di Navigazione illimitata. È stata ipotizzata una correlazione anche con questo secondo requisito, supponendo, però, un valore minore.

A causa delle sue lunghe traversate, infatti, è fondamentale attribuire un’importanza maggiore alla capacità del serbatoio di combustibile piuttosto che alla capacità del serbatoio di acqua potabile, perché bisogna evitare che il rimorchiatore rimanga fermo in mare.

Essa influisce anche sulla consistenza dei servizi igienici, per la quale, però, viene identificata una minore correlazione.

Inoltre, la correlazione di queste caratteristiche tecniche con la Capacità del serbatoio di acqua potabile è stata ipotizzata minore rispetto alla correlazione delle stesse con la Capacità del serbatoio di combustibile in quanto è sempre possibile installare nel rimorchiatore un impianto di produzione di acqua distillata potabile attraverso un impianto ad osmosi interna, il quale permetterebbe la depurazione dell’acqua.

10. CASA DI PRODUZIONE DEL MOTORE PRINCIPALE

Per quanto riguarda la casa di produzione del motore principale è stata individuata quest’unica relazione:

- Qualità degli impianti di propulsione +9

La qualità degli impianti di propulsione dipende dalla casa produttrice, alcune case di produzione garantiscono una qualità migliore rispetto ad altre.

11. CONSISTENZA DEI GENSET (E DEGLI IMPIANTI AUSILIARI)

Per quanto riguarda la consistenza dei genset si sono definite le seguenti relazioni:

- Dotazione del service crane con relative registro dei mezzi di carico approvato dall'ente di classifica +3
- Elica di manovra prodiera +9

La consistenza dei genset e degli impianti ausiliari influisce sulla possibilità di avere un service crane con capacità superiore di sollevamento.

Inoltre una maggiore consistenza dei geneset, garantisce una maggiore manovrabilità dell'elica di manovra prodiera: influisce sull'elica poiché, dato che le eliche prodriere sono alimentate elettricamente e richiedono notevole potenza elettrica (generata dai genset), talvolta è necessario introdurre più generatori in parallelo affinché venga garantito il servizio delle eliche prodriere.

12. DISPONIBILITÀ DEI BOW THRUSTERS

La correlazione individuata è la seguente:

- Elica di manovra prodiera +3

La sua disponibilità, principalmente, rende un'imbarcazione più manovrabile. Dopo aver definito la disponibilità, è possibile individuare varie casa produttrici, le quali incidono sulla sua funzionalità, sulla qualità e sull'affidabilità.

13. CASA DI PRODUZIONE DEI PROPULSORI

Per quanto riguarda la casa di produzione dei propulsori si sono potute individuare queste relazioni:

- Rimorchio portuale +3
- Propulsione azimutale DR/SN +9

La casa di produzione dei propulsori incide sulla funzionalità, sulla qualità e sull'affidabilità di questi.

Inoltre, alcune case di produzione dei propulsori garantiscono una manovrabilità superiore, caratteristica fondamentale del rimorchio portuale.

14. CASA DI PRODUZIONE DEGLI STRUMENTI DI NAVIGAZIONE E DI COMUNICAZIONE

Per quanto riguarda la casa di produzione degli strumenti di navigazione e di comunicazione, sono state osservate queste relazioni:

- Certificazione GMDSS area A1+A2+A3 (Navigazione internazionale lunga) +3
- Qualità degli strumenti di navigazione e comunicazione +3

La casa di produzione influisce sulla qualità degli strumenti specifici e permette, quindi, l'acquisizione di certificazioni GMDSS più abilitanti.

15. CONSISTENZA DEGLI EQUIPAGGIAMENTI PER IL RIMORCHIO

In questo caso, le correlazioni analizzate sono state:

- Rimorchio portuale +3
- Rimorchio in altura +9
- Piano di sicurezza Conformità al DL 271/99 +3

La consistenza degli equipaggiamenti per il rimorchio garantisce ed incide sul servizio per cui il rimorchiatore è preposto, la correlazione è maggiore con il servizio di rimorchio in altura perché, per permettere il compimento di un viaggio alla nave, deve essere il più sicuro possibile. Per quanto riguarda la correlazione con il Piano di sicurezza, nel caso in cui la consistenza è superiore, allora si ha una maggiore rispondenza al DL 271/99, che riguarda la sicurezza dei lavoratori.

16. CANTIERE DI COSTRUZIONE

Per quanto riguarda il cantiere di costruzione si sono potute individuare queste relazioni:

- Certificazione di classe + SOLAS +1
- Consistenza fanali e segnali di navigazione come previsto da COLREG 72 +1
- Consistenza delle bussole approvate come da dpr.435/91 +1
- Approvazione piano dei mezzi di governo come da DPR 435/91 +1
- Qualità degli impianti di propulsione +1
- Qualità degli impianti ausiliari +1
- Qualità delle dotazioni di salvataggio +1
- Qualità delle dotazioni antincendio +1
- Qualità degli strumenti di navigazione e comunicazione +1

Il cantiere di costruzione influisce sul rilascio delle certificazioni, sulla consistenza e sulla qualità di tutti gli impianti.

17. PROGETTISTA

Per quanto riguarda il progettista si sono potute individuare queste relazioni:

- Certificazione di classe + SOLAS +1
- Consistenza fanali e segnali di navigazione come previsto da COLREG 72 +1
- Consistenza delle bussole approvate come da dpr.435/91 +1
- Approvazione piano dei mezzi di governo come da DPR 435/91 +1
- Qualità degli impianti di propulsione +1
- Qualità degli impianti ausiliari +1
- Qualità delle dotazioni di salvataggio +1
- Qualità delle dotazioni antincendio +1
- Qualità degli strumenti di navigazione e comunicazione +1

Si può fare un discorso analogo a quello fatto nel caso precedente.

18. CONSISTENZA DEGLI IMPIANTI DI CLIMATIZZAZIONE

Principalmente questa influisce sulle seguenti caratteristiche tecniche

- Rimorchio portuale +1
- Rimorchio in altura +1
- Piano di sicurezza Conformità al DL 271/99 +1
- Consistenza della climatizzazione (singolo/doppio impianto) idonea per viaggi in zone tropicali +9
- Consistenza dell'impianto di riscaldamento (Idoneo per le zone polari) +3

La capacità di svolgere operazioni climatiche avverse è determinata dagli impianti di ventilazione e riscaldamento fissati a bordo. Questi, quindi, possono garantire il rimorchio portuale e in altura in zone con climi più o meno estremi. Inoltre garantisce ai lavoratori di poter lavorare in condizioni di sicurezza rispondendo a ciò stabilito nel piano di sicurezza rilasciato in Conformità al DL 271/99.

Tuttavia, si attribuisce un maggior peso alla consistenza della climatizzazione idonea ai viaggi in zone piuttosto calde in quanto, la maggior parte delle volte, i rimorchiatori offrono il loro servizio in questa tipologie di zone.

4.5. TETTO DELLA CASA DELLA QUALITA'

Nel tetto della Casa della Qualità, si possono individuare le correlazioni presenti tra le diverse Caratteristiche tecniche (si veda la Figura 2 in Appendice).

Come già specificato precedentemente, le prime Caratteristiche tecniche sono molto proporzionali tra di loro (esempio: un incremento di qualsiasi dimensione, che sia lunghezza, larghezza o pescaggio, determina un incremento della stazza).

Inoltre si può individuare anche una correlazione tra le dimensioni del rimorchiatore e la capacità dei serbatoi di acqua potabile e combustibile.

Si sono potute identificare delle correlazioni quali:

- Lunghezza fuori tutto e Stazza: correlazione= +9
- Lunghezza fuori tutto e Capacità del Serbatoio di combustibile: correlazione= +3
- Lunghezza fuori tutto e Capacità del Serbatoio di acqua potabile: correlazione= +3

- Larghezza e Stazza: correlazione= +9
- Larghezza e Capacità del Serbatoio di combustibile: correlazione= +3
- Larghezza e Capacità del Serbatoio di acqua potabile: correlazione= +3

- Pescaggio e Stazza: correlazione= +9
- Pescaggio e Velocità= -3
- Pescaggio e Capacità del Serbatoio di combustibile: correlazione= +1
- Pescaggio e Capacità del Serbatoio di acqua potabile: correlazione= +1

- Stazza e Capacità del Serbatoio di combustibile: correlazione= +3
- Stazza e Capacità del Serbatoio di acqua potabile: correlazione= +3
- Velocità massima e Casa di produzione del Motore Principale: correlazione= +1
- Notazioni aggiuntive di classe e Consistenza degli equipaggiamenti per il rimorchio: correlazione= +1
- Notazioni aggiuntive di classe e Cantiere di Costruzione: correlazione= +1
- Consistenza degli impianti ausiliari e dei genset e Cantiere di Costruzione: correlazione= +1
- Cantiere di Costruzione e progettista: correlazione= +3

4.6. ORDINAMENTO DELLE CARATTERISTICHE TECHICHE

Dopo aver calcolato la correlazione tra singola Caratteristica tecnica e Requisito della SOMAT si è proceduto in questo modo: si è calcolata la sommatoria, su ogni caratteristica tecnica, dei prodotti tra correlazione tra questa e ogni requisito e si è giunti a calcolare il Peso di ogni Caratteristica, ovvero il suo Livello di importanza.

Il livello di importanza della caratteristica tecnica è quindi dato dalla formula seguente:

$$w_j = \sum_{(i=1,\dots,n)} d_i \times r_{ij}$$

In cui:

- j indica la singola caratteristica tecnica;
- i indica il singolo requisito
- d_i indica l'importanza relativa del requisito
- r_{ij} indica la correlazione tra caratteristica tecnica e requisito.

Si può calcolare anche l'importanza relativa in questo modo:

$$w_j^* = w_j / (\sum_{(i=1,\dots,n)} w_j)$$

In questo modo si sono individuate i seguenti livelli di importanza e successivamente le importanze relative:

1. Lunghezza fuori tutto: $w_1 = 0,495$; $w_1^* = 0,058$
2. Larghezza massima: $w_2 = 0,548$; $w_2^* = 0,065$
3. Pescaggio massimo: $w_3 = 0,849$; $w_3^* = 0,100$
4. Stazza: $w_4 = 0,710$; $w_4^* = 0,084$
5. Bollard Pull a prua: $w_5 = 0,871$; $w_5^* = 0,103$
6. Velocità massima a prua: $w_6 = 0,151$; $w_6^* = 0,018$

7. Notazioni aggiuntive di classe: $w_7 = 0,366$; $w_7^* = 0,043$
8. Capacità del serbatoio di combustibile: $w_8 = 0,548$; $w_8^* = 0,065$
9. Capacità del serbatoio di acqua potabile: $w_9 = 0,312$; $w_9^* = 0,037$
10. Casa di produzione del motore principale: $w_{10} = 0,387$; $w_{10}^* = 0,046$
11. Consistenza degli impianti ausiliari e dei genset: $w_{11} = 0,387$; $w_{11}^* = 0,046$
12. Disponibilità dei bow thrusters: $w_{12} = 0,097$; $w_{12}^* = 0,011$
13. Casa di produzione dei propulsori: $w_{13} = 0,645$; $w_{13}^* = 0,076$
14. Casa di produzione degli strumenti di navigazione e di comunicazione: $w_{14} = 0,226$; $w_{14}^* = 0,027$
15. Consistenza degli equipaggiamenti per il rimorchio: $w_{15} = 0,677$; $w_{15}^* = 0,080$
16. Cantiere di costruzione: $w_{16} = 0,355$; $w_{16}^* = 0,042$
17. Progettista: $w_{17} = 0,355$; $w_{17}^* = 0,042$
18. Consistenza degli impianti di climatizzazione: $w_{18} = 0,484$; $w_{18}^* = 0,057$

Così, dopo aver individuato le importanze delle singole caratteristiche tecniche è stato possibile ordinarle come segue:

- a. Bollard pull
- b. Pescaggio massimo
- c. Stazza
- d. Consistenza degli equipaggiamenti per il rimorchio
- e. Casa di produzione dei propulsori
- f. Capacità del Serbatoio di combustibile
- g. Larghezza massima
- h. Lunghezza massima
- i. Consistenza degli impianti di climatizzazione
- j. Casa di produzione del motore principale
- k. Consistenza degli impianti ausiliari e dei genset
- l. Notazioni di classe aggiuntive
- m. Cantiere di costruzione
- n. Progettista
- o. Casa di produzione degli strumenti di navigazione e comunicazione
- p. Capacità del serbatoio di acqua potabile
- q. Velocità
- r. Disponibilità dei bow thrusters

Sono state individuate delle caratteristiche tecniche con pari peso.

Dopo aver individuato le diverse importanze, è stato possibile implementare l'algoritmo fino al raggiungimento delle due soglie del $k=0,66$ e $k=0,75$.

4.7. VALORI DELLE DIVERSE CARATTERISTICHE

Per trovare la soluzione ideale, bisogna individuare, per ogni caratteristica tecnica i rispettivi Valore Superiore, Valore Medio e Valore Inferiore.

Grazie all'esperienza dei tecnici aziendali sono stati individuati i seguenti valori:

1. LUNGHEZZA FUORI TUTTO

Per la Lunghezza fuori tutto (L.O.A.) è stato individuato un valore ottimale circa pari a 32/32,5 metri. Il range di valori accettabili si aggira intorno a questo valore, in quanto, più ci si allontana da questo valore "ideale", più diventa più difficile offrire contemporaneamente i due diversi servizi di Rimorchio portuale e Rimorchio in altura (in quanto per la prima tipologia di servizio sono più adatte delle dimensioni minori, al contrario di quanto accade per la seconda tipologia di servizio).

Per quanto riguarda i valori inferiori, infatti, sono state individuate le seguenti dimensioni: 28m oppure 33,5m: il valore di 28m sarebbe ottimo per il servizio di Rimorchio portuale ma non sarebbe più ottimale per il secondo servizio (il quale richiede maggiore stabilità e quindi una dimensione maggiore), viceversa per quanto riguarda il valore di 33,5m.

VALORE SUPERIORE: 32-32,5 m.

VALORE INFERIORE: 28-33,5 m.

2. LARGHEZZA MASSIMA

Per quanto riguarda la larghezza massima, si può fare un ragionamento analogo a quello precedente. Infatti si può individuare un valore ottimale di 12,5 metri, più ci si allontana da questo valore, più la soluzione diventa ottima per una tipologia di servizio piuttosto che per l'altra.

I valori inferiori, infatti, corrispondono a circa 11 o a 13 metri: un rimorchiatore con la larghezza massima di 11 metri sarebbe ottimo per il servizio di rimorchio portuale, un po' meno per il servizio di rimorchio in altura; viceversa per un rimorchiatore con larghezza massima pari a 13 metri.

VALORE SUPERIORE: 12/12,5 m.

VALORE INFERIORE: circa 11-13 m.

3. PESCAGGIO MASSIMO

Anche per il pescaggio massimo il ragionamento fatto per le due caratteristiche precedenti coincide. Per il servizio di rimorchio portuale, infatti, un rimorchiatore con pescaggio minore sarebbe ottimo, che però, a causa della sua minore stabilità non riuscirebbe a garantire il servizio di rimorchio in altura.

Per questo è stato individuato un valore ottimo pari a circa 5,2 metri. È stato possibile identificare questo valore analizzando le dimensioni degli altri rimorchiatori che possiede la società. Per individuare i valori inferiori, invece, si è considerato un range che va da un minimo di 4,3 metri ad un massimo di 6 metri.

VALORE SUPERIORE: 5,2 m.

VALORE MEDIO: circa 4,8 – 5,6 m.

VALORE INFERIORE: 4,3 – 6 m.

4. STAZZA

La stazza, per i requisiti richiesti dalla Somat non deve essere in alcun modo superiore alle 500 tonnellate, un rimorchiatore con dimensione massima però è molto più stabile. Quindi il valore ottimo coincide con le 499 tonnellate circa mentre il valore inferiore è circa pari a 450 tonnellate.

VALORE SUPERIORE: 499 tonnellate.

VALORE MEDIO: 475 tonnellate.

VALORE INFERIORE: 450 tonnellate.

5. BOLLARD PULL A PRUA

Il valore richiesto di Bollard Pull è molto elevato: in base alle esigenze della Somat, deve essere almeno uguale alle 70 tonnellate, per adempiere ai contratti di noleggio per cui impiega solitamente i rimorchiatori. Il valore superiore, invece, si aggira tra le 80 e le 85 tonnellate.

VALORE SUPERIORE: 80-85 tonnellate.

VALORE MEDIO: 75 tonnellate.

VALORE INFERIORE: 70 tonnellate.

6. VELOCITÀ MASSIMA A PRUA

Per quanto riguarda la velocità che deve avere un rimorchiatore, per fornire principalmente i diversi servizi di rimorchio salvage oppure rimorchio escort, questa deve essere almeno pari ai 12 nodi. È stato attribuito un valore superiore pari a 14-14,5 nodi analizzando le necessità della Somat, ma anche in base alle offerte sul mercato da parte dei diversi cantieri di costruzione.

VALORE SUPERIORE: 14-14,5 nodi

VALORE MEDIO: 13,2 nodi

VALORE INFERIORE: 12 nodi

7. NOTAZIONI AGGIUNTIVE DI CLASSE

Per fornire le diverse tipologie di servizio, quali Rimorchio Rec-oil, Fire-fighting e Un-Restricted (che permette il rimorchio in altura) è necessario avere le specifiche Notazioni di classe aggiuntive: il valore inferiore coincide con le 3 notazioni di classe aggiuntive citate sopra.

Un rimorchiatore con un maggiore numero di Notazioni di classe, garantirebbe servizi aggiuntivi, quali rimorchio Salvage o rimorchio Escort. Alcuni cantieri però non forniscono i rimorchiatori che possiedono tutte e 5 le notazioni di classe aggiuntive in atto di Quotazione (quindi in questo caso sarà importante valutare la possibilità di far quotare successivamente tali sistemazioni aggiuntive).

VALORE SUPERIORE: 5

VALORE MEDIO: 4

VALORE INFERIORE: 3

8. CAPACITÀ DEL SERBATOIO DI COMBUSTIBILE

Per determinare i valori ideali della Capacità del serbatoio di combustibile, bisogna partire dal presupposto che il rimorchiatore deve offrire un servizio di Rimorchio in altura o di navigazione illimitata, quindi maggiore è la capacità, maggiore sarà la sua autonomia.

Il minimo valore supposto è pari a 90 tonnellate, mentre il valore superiore sarà almeno pari a 200 tonnellate.

VALORE SUPERIORE: \geq 200 tonnellate

VALORE MEDIO: = 150 tonnellate

VALORE INFERIORE: = 90 tonnellate

9. CAPACITÀ DEL SERBATOIO DI ACQUA POTABILE

Per determinare un valore della capacità del serbatoio di acqua potabile si può fare un ragionamento analogo a quello fatto precedentemente.

VALORE SUPERIORE: \geq 30 tonnellate (oppure minore qualora ci sia la dotazione di fresh water generator)

VALORE INFERIORE: <30 tonnellate

10. CASA DI PRODUZIONE DEL MOTORE PRINCIPALE

In base alle conoscenze degli esperti nel settore, la migliore casa di produzione del Motore principale è la WARSTILA, seguito da DEUTZ e CAT, MAN e ABC

VALORE SUPERIORE: WARSTILA

VALORE MEDIO: DEUTZ

VALORE INFERIORE: CAT, MAN e ABC

11. CONSISTENZA DEGLI IMPIANTI AUSILIARI E DEI GENSET

Una maggiore consistenza del genset porta all'incremento della sicurezza degli impianti ausiliari e dei generatori di porto.

VALORE SUPERIORE: 3 genset

VALORE MEDIO: 2 genset + harbour genset (generatore di porto)

VALORE INFERIORE: 2 genset

12. DISPONIBILITÀ DEI BOW THRUSTERS

Si è fatta un'analisi inizialmente sulla disponibilità dei bow thrusters ed, in seguito, sulle diverse case di produzione: alcune di queste possono garantire una maggiore reperibilità dei ricambi, affidabilità e minor costo delle manutenzioni.

VALORE SUPERIORE: SHOTTEL

VALORE MEDIO: ROLLS-ROYCE

VALORE INFERIORE: ND

13. CASA DI PRODUZIONE DEI PROPULSORI

Come la caratteristica tecnica precedente, anche qui viene considerata la differenza tra le diverse case di produzione dei propulsori, alcune delle quali possono essere considerate migliori di altre.

VALORE SUPERIORE: SHOTTEL

VALORE INFERIORE: ROLLS ROYCE, VOITH

14. CASA DI PRODUZIONE DEGLI STRUMENTI DI NAVIGAZIONE E DI COMUNICAZIONE

Anche per questa caratteristica tecnica si confrontano le diverse case produttive, dettate dalla conoscenza dei tecnici di bordo.

VALORE SUPERIORE: THRANE THRANE

VALORE INFERIORE: FURUNO, JRC

15. CONSISTENZA DEGLI EQUIPAGGIAMENTI PER IL RIMORCHIO

La consistenza degli equipaggiamenti per il rimorchio indica quanto più è attrezzato un rimorchiatore per offrire il servizio per cui è preposto.

VALORE SUPERIORE: VERRICELLO DI PRUA CON DOPPIO RULLO INDIPENDENTE + VERRICELLO DI POPPA CON DOPPIO RULLO INDIPENDENTE + GANCIO DI PRUA + GANCIO DI POPPA + TOWING PIN

VALORE MEDIO: VERRICELLO DI PRUA CON DOPPIO RULLO + VERRICELLO DI POPPA CON DOPPIO RULLO + GANCIO DI POPPA

VALORE INFERIORE: VERRICELLO DI PRUA CON RULLO SINGOLO + VERRICELLO DI POPPA CON RULLO SINGOLO+ GANCIO DI POPPA

16. CANTIERE DI COSTRUZIONE

Questi valori sono stati dettati dalla conoscenza degli esperti nel settore, confrontando i Cantieri di Costruzione da cui la Somat ha acquistato i rimorchiatori precedentemente [14],[15].

VALORE SUPERIORE: SANMAR

VALORE MEDIO: DAMEN SHIPYARDS, MEDMARINE

VALORE INFERIORE: BOGAZIGI, ROSSETTI

17. PROGETTISTA

Anche questi valori sono stati analizzati sulla base dei rimorchiatori che la società possiede già.

VALORE SUPERIORE: ROBERT ALLAN

VALORE MEDIO: DAMEN

VALORE INFERIORE: CINTRANAVAL, PROJECT

18. CONSISTENZA DEGLI IMPIANTI DI CLIMATIZZAZIONE

La consistenza degli impianti di climatizzazione influisce sulla capacità di svolgere le operazioni in condizioni climatiche più "difficili".

VALORE SUPERIORE: DOPPIO IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE (CON RISCALDAMENTO CENTRALIZZATO)

VALORE INFERIORE: SINGOLO IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE + RISCALDAMENTO AUTONOMO

5. ALGORITMO Q-BENCH

Per implementare l'algoritmo, è necessario effettuare un confronto tra il rimorchiatore "ideale" ed altri rimorchiatori molto simili (che potrebbero rispettare i requisiti richiesti dalla Somat) che appartengono ad altre società.

5.1. ANALISI DEI COMPETITORS

Per applicare questo confronto sono stati presi in analisi altri cinque rimorchiatori, si veda la Figura 3 in Appendice.

- 1) VASTASO (Rimorchiatori laziali) [17]
- 2) ELISABETTA I (Rimorchiatori Riuniti) [18]
- 3) BAIA (Rimorchiatori Napoletani) [19]
- 4) ASHDOD (Rimorchiatori Riuniti) [20]
- 5) LUISA NERI (Fratelli Neri) [21]

Per l'analisi sono stati utilizzati questi rimorchiatori perché sono quelli che più si avvicinano alle necessità della Somat, sulla base principalmente di alcune caratteristiche tecniche quali Bollard Pull e le diverse tipologie di dimensioni.

I dati in questione sono stati reperiti sui comuni motori di ricerca.

5.1.1. Caratteristiche tecniche del rimorchiatore "Vastaso"

1. Lunghezza fuori tutto= 32,5 metri;
2. Larghezza massima= 10,8 metri (circa 11);
3. Pescaggio massimo= 5,6 metri;
4. Stazza= 450 tonnellate circa;
5. Bollard Pull a prua= 76,88 tonnellate;
6. Velocità massima a prua= 12,5 nodi;
7. Notazioni aggiuntive di classe= 4 (ESCORT – FIRE FIGHTING – OIL RECOVERY – UN RESTRICTED) ;
8. Capacità del serbatoio di combustibile= 210 tonnellate
9. Capacità del serbatoio di acqua potabile= 109,2 tonnellate
10. Casa di produzione del motore principale= DEUTZ
11. Consistenza dei genset= 2 genset+ generatore di porto
12. Casa di produzione dei bow thrusters= ROLLS ROYCE;
13. Casa di produzione dei propulsori=ROLLS-ROYCE
14. Casa di produzione degli strumenti di navigazione e di comunicazione= THRANE THRANE
15. Consistenza degli equipaggiamenti per il rimorchio= Verricello di prua a rullo singolo + verricello di poppa a rullo singolo + gancio di prua + gancio di poppa
16. Cantiere di costruzione= ROSSETTI
17. Progettista= PROJECT
18. Consistenza degli impianti di climatizzazione= DOPPIO impianto di climatizzazione doppio (riscaldamento centralizzato).

5.1.2. Caratteristiche tecniche del rimorchiatore “Elisabetta I”

1. Lunghezza fuori tutto= 32,5 metri;
2. Larghezza massima= circa 11,7 metri;
3. Pescaggio massimo= 6 metri;
4. Stazza= 466 tonnellate;
5. Bollard Pull a prua= 70 tonnellate (in questo caso non è stato possibile ricavare il valore reale, quindi si è supposto il valore indicato nella Specifica tecnica rilasciata dal cantiere di costruzione in questione. Il valore reale sarà poco più maggiore);
6. Velocità massima a prua= 12 nodi;
7. Notazioni aggiuntive di classe= 5 (ESCORT – SALVAGE – OIL RECOVERY – UN RESCRICTED – FIRE FIGHTING);
8. Capacità del serbatoio di combustibile= 263,03 tonnellate
9. Capacità del serbatoio di acqua potabile= 25,5 tonnellate
10. Casa di produzione del motore principale= CAT;
11. Consistenza dei genset= 2 genset+ generatore di porto
12. Disponibilità dei bow thrusters= N.D.;
13. Casa di produzione dei propulsori= SHOTTEL
14. Casa di produzione degli strumenti di navigazione e di comunicazione= THRANE THRANE
15. Consistenza degli equipaggiamenti per il rimorchio= Verricello di prua a doppio rullo (indipendente) + verricello di poppa a doppio rullo + gancio di prua + gancio di poppa + towing pin;
16. Cantiere di costruzione= BOGAZICI
17. Progettista= CINTRANAVAL
18. Consistenza degli impianti di climatizzazione= DOPPIO impianto di climatizzazione doppio (riscaldamento centralizzato).

5.1.3. Caratteristiche tecniche del rimorchiatore “Baia”

1. Lunghezza fuori tutto= 28,2 metri;
2. Larghezza massima= circa 12,6 metri;
3. Pescaggio massimo= 5,46 metri;
4. Stazza= 458 tonnellate;
5. Bollard Pull a prua= 82,43;
6. Velocità massima a prua= 13,5 nodi;
7. Notazioni aggiuntive di classe= 5 (ESCORT – SALVAGE – OIL RECOVERY – UN RESCRICTED – FIRE FIGHTING);
8. Capacità del serbatoio di combustibile= 92,518 tonnellate
9. Capacità del serbatoio di acqua potabile= 25,5 tonnellate
10. Casa di produzione del motore principale= CAT;
11. Consistenza dei genset= 2 genset;
12. Disponibilità dei bow thrusters= N.D.;
13. Casa di produzione dei propulsori= ROLLS ROYCE;
14. Casa di produzione degli strumenti di navigazione e di comunicazione= FURUNO
15. Consistenza degli equipaggiamenti per il rimorchio= Verricello di prua a SINGOLO rullo + verricello di poppa a SINGOLO rullo + gancio di prua + towing pin;
16. Cantiere di costruzione= SANMAR

17. Progettista= ROBERT ALLAN
18. Consistenza degli impianti di climatizzazione= SINGOLO impianto di climatizzazione con riscaldamento autonomo.

5.1.4. Caratteristiche tecniche del rimorchiatore “Ashdod”

1. Lunghezza fuori tutto= 30,25 metri;
2. Larghezza massima= circa 13 metri;
3. Pescaggio massimo= 6,7 metri;
4. Stazza= 462 tonnellate;
5. Bollard Pull a prua= 73,05 tonnellate;
6. Velocità massima a prua= 13,5 nodi;
7. Notazioni aggiuntive di classe= 3 (ESCORT – OIL RECOVERY – FIRE FIGHTING);
8. Capacità del serbatoio di combustibile= 136,105 tonnellate
9. Capacità del serbatoio di acqua potabile= 20 tonnellate
10. Casa di produzione del motore principale= CAT;
11. Consistenza dei genset= 2 genset+ generatore di porto;
12. Disponibilità dei bow thrusters= N.D.;
13. Casa di produzione dei propulsori= VOITH;
14. Casa di produzione degli strumenti di navigazione e di comunicazione= FURUNO
15. Consistenza degli equipaggiamenti per il rimorchio= Verricello di prua a DOPPIO rullo (indipendente) + gancio di prua + gancio di poppa;
16. Cantiere di costruzione= SANMAR
17. Progettista= ROBERT ALLAN
18. Consistenza degli impianti di climatizzazione= SINGOLO impianto di climatizzazione con riscaldamento autonomo.

5.1.5. Caratteristiche tecniche del rimorchiatore “Luisa Neri”

1. Lunghezza fuori tutto= 32,7 metri;
2. Larghezza massima= 12,82 metri;
3. Pescaggio massimo= 5,51 metri;
4. Stazza= 450 tonnellate;
5. Bollard Pull a prua= 80,08 tonnellate;
6. Velocità massima a prua= 14,3 nodi;
7. Notazioni aggiuntive di classe= 4 (ESCORT – OIL RECOVERY – UN RESTRICTED – FIRE FIGHTING);
8. Capacità del serbatoio di combustibile= 118,403 tonnellate
9. Capacità del serbatoio di acqua potabile= 15,2 tonnellate
10. Casa di produzione del motore principale= CAT;
11. Consistenza dei genset= 2 genset;
12. Disponibilità dei bow thrusters= N.D.;
13. Casa di produzione dei propulsori= ROLLS ROYCE;
14. Casa di produzione degli strumenti di navigazione e di comunicazione= FURUNO

15. Consistenza degli equipaggiamenti per il rimorchio= Verricello di prua a DOPPIO rullo (indipendente) + verricello di poppa a rullo singolo + gancio di poppa;
16. Cantiere di costruzione= DAMEN SHIPYARD
17. Progettista= DAMEN
18. Consistenza degli impianti di climatizzazione= SINGOLO impianto di climatizzazione con riscaldamento centralizzato

5.2. GENERAZIONE DELLA SOLUZIONE

Dopo aver determinato le importanze delle principali caratteristiche tecniche e quindi il loro ordinamento, è stato possibile procedere ed implementare l'algoritmo per individuare la soluzione ideale.

5.2.1. APPLICAZIONE DELLA PRIMA SOLUZIONE

Si parte con attribuire il valore superiore alla Caratteristica tecnica con importanza maggiore, ovvero la Bollard Pull (evidenziati in verde in grassetto).

La prima soluzione infatti è così composta:

1. Lunghezza fuori tutto= 28/33,5 metri
2. Larghezza massima= 10,8/13,5 metri
3. Pescaggio massimo= 6/4,3 metri (6,7 valore estremo, utilizzato perché il rimorchiatore Ashdod è di tipo TRACTOR, in questo caso può essere accettabile)
4. Stazza= 450 tonnellate circa
5. **Bollard Pull a prua= maggiore o uguale a 80**
6. Velocità massima a prua= 12 nodi
7. Notazioni aggiuntive di classe= 3
8. Capacità del serbatoio di combustibile= 90 tonnellate
9. Capacità del serbatoio di acqua potabile= minore di 30 tonnellate
10. Casa di produzione del motore principale= CAT, MAN, ABC
11. Consistenza dei genset= 2 genset
12. Disponibilità dei bow thrusters= N.D.
13. Casa di produzione dei propulsori=ROLLS-ROYCE/VOITH
14. Casa di produzione degli strumenti di navigazione e di comunicazione= FURUNO/JRC
15. Consistenza degli equipaggiamenti per il rimorchio= Verricello di prua a rullo singolo + verricello di poppa a rullo singolo + gancio di poppa
16. Cantiere di costruzione= BOGAZIGI/ROSSETTI
17. Progettista= CINTRANAVAL/PROJECT
18. Consistenza degli impianti di climatizzazione= Singolo impianto di climatizzazione + riscaldamento autonomo

L'algoritmo prevede la comparazione le caratteristiche tecniche presenti nella Prima soluzione e le stesse caratteristiche tecniche degli altri rimorchiatori presi come Benchmark (si veda la Figura 4 in Appendice).

Si indicano:

- a= RIMORCHIATORE IDEALE (SOLUZIONE 1.)
- a1= RIMORCHIATORE VASTASO
- a2= RIMORCHIATORE ELISABETTA I
- a3= RIMORCHIATORE BAIA
- a4= RIMORCHIATORE ASHDOD
- a5=RIMORCHIATORE LUISA NERI

Analizzando le diverse caratteristiche tecniche:

1. LUNGHEZZA FUORI TUTTO

Il valore della soluzione 1. è un valore estremo (che si allontana il più possibile dal valore ottimo che si aggira tra i 32 e i 32,5 metri).

Tranne che per il terzo caso (a3), nel quale la L.O.A. è circa 28 metri e quindi i valori si possono ritenere equivalenti, tutti gli altri competitors hanno un valore superiore, il quale si avvicina in modo maggiore più alla soluzione ottima di 32,5 metri.

Si ottengono i seguenti risultati:

- 1) $a < a_1$
- 2) $a < a_2$
- 3) $a = a_3$
- 4) $a < a_4$
- 5) $a < a_5$

2. LARGHEZZA MASSIMA

Il valore della soluzione 1. è, anche in questo caso, un valore estremo (che si allontana il più possibile dal valore ideale che si aggira tra i 12 e i 12,5 metri).

Tranne che per il primo caso (a1), nel quale si ha una larghezza massima del rimorchiatore pari a 10,8 metri (valore inferiore), tutti gli altri competitors hanno un valore superiore.

I risultati ottenuti sono:

- 1) $a = a_1$
- 2) $a < a_2$
- 3) $a < a_3$
- 4) $a < a_4$
- 5) $a < a_5$

3. PESCAGGIO MASSIMO

Il valore della soluzione 1. è il più lontano possibile (entro i valori accettabili) dalla soluzione di 5,2 metri.

Dal confronto con gli altri rimorchiatori si possono individuare i seguenti risultati:

- 1) $a < a_1$
- 2) $a = a_2$
- 3) $a < a_3$
- 4) $a = a_4$
- 5) $a < a_5$

4. STAZZA

Anche in questo caso, per la stazza, non si è scelto il valore superiore, il quale deve però essere sempre inferiore alle 500 tonnellate.

Partendo da un valore inferiore pari a circa le 450 tonnellate, si sono verificate le seguenti relazioni:

- 1) $a = a_1$
- 2) $a < a_2$
- 3) $a < a_3$
- 4) $a < a_4$
- 5) $a = a_5$

5. BOLLARD PULL

Dato che la Bollard Pull è la caratteristica principale di un rimorchiatore e che l'importanza relativa è maggiore rispetto alle altre caratteristiche tecniche, le è stato attribuito il valore superiore, che deve essere almeno pari alle 80 tonnellate.

Tra i rimorchiatori presi come benchmark solo due hanno la BP pari a questo valore superiore, ovvero "Baia" e "Luisa Neri".

Dall'analisi della medesima caratteristica tecnica degli altri rimorchiatori si evince che:

- 1) $a > a_1$
- 2) $a > a_2$
- 3) $a = a_3$
- 4) $a > a_4$
- 5) $a = a_5$

6. VELOCITÀ MASSIMA

Per quanto riguarda il valore della velocità massima, è stato attribuito un valore inferiore alla soluzione 1.

Confrontando la velocità degli altri rimorchiatori si sono individuate le relazioni seguenti:

- 1) $a < a_1$
- 2) $a = a_2$
- 3) $a < a_3$
- 4) $a < a_4$
- 5) $a < a_5$

7. NOTAZIONI DI CLASSE AGGIUNTIVE

Anche la quantità delle Notazioni aggiuntive di classe è pari al valore superiore, ovvero 3.

Le relazioni individuate sono:

- 1) $a < a_1$
- 2) $a < a_2$
- 3) $a < a_3$
- 4) $a = a_4$
- 5) $a < a_5$

8. CAPACITÀ DEL SERBATOIO DI COMBUSTIBILE

Anche in questo caso il valore preso in considerazione è quello inferiore.

Tranne che per la relazione con il rimorchiatore Baia, il quale ha una capacità pari a circa 90 tonnellate, e che quindi possono essere considerati equivalenti, le capacità degli altri rimorchiatori sono superiori rispetto alla capacità del rimorchiatore della soluzione 1.:

- 1) $a < a_1$
- 2) $a < a_2$
- 3) $a = a_3$
- 4) $a < a_4$
- 5) $a < a_5$

9. CAPACITÀ DEL SERBATOIO DI ACQUA POTABILE

In questo caso si può individuare una differenza con il rimorchiatore "Vastaso" che ha una capacità molto più elevata rispetto agli altri rimorchiatori.

Infatti, tranne che per il primo confronto, le altre caratteristiche tecniche sono equivalenti:

- 1) $a < a_1$
- 2) $a = a_2$
- 3) $a = a_3$
- 4) $a = a_4$
- 5) $a = a_5$

10. CASA DI PRODUZIONE DEL MOTORE PRINCIPALE

In questo caso sono state analizzate le diverse case di produzione. In base alle conoscenze degli esperti del campo per quanto riguarda l'affidabilità di questi macchinari, sono state individuate le seguenti relazioni:

- 1) $a < a_1$
- 2) $a = a_2$
- 3) $a = a_3$
- 4) $a = a_4$
- 5) $a = a_5$

11. CONSISTENZA DEGLI IMPIANTI AUSILIARI E DEI GENSET

In questo caso le relazioni individuate sono:

- 1) $a < a_1$
- 2) $a < a_2$
- 3) $a = a_3$
- 4) $a < a_4$
- 5) $a = a_5$

12. DISPONIBILITÀ DEI BOW THRUSTERS

L'unico rimorchiatore che ha possiede i bow thrusters è il Vastaso, a differenza degli altri rimorchiatori.

In questo caso le relazioni individuate sono:

- 1) $a < a_1$
- 2) $a = a_2$
- 3) $a = a_3$
- 4) $a = a_4$
- 5) $a = a_5$

13. CASA DI PRODUZIONE DEI PROPULSORI

Per quanto riguarda l'efficienza dei propulsori, in base alle conoscenze dei direttori degli uffici tecnici della Somat, si sono ritenute alcune case di produzione più affidabili rispetto ad altre. Le relazioni individuate sono:

- 1) $a = a_1$
- 2) $a < a_2$
- 3) $a = a_3$

4) $a=a_4$

5) $a=a_5$

14. CASA DI PRODUZIONE DEGLI STRUMENTI DI NAVIGAZIONE E DI COMUNICAZIONE

In base alle conoscenze degli esperti nel settore, si sono individuate, nello studio dell'efficienza degli strumenti di navigazione e comunicazione, alcune case produttrici migliori rispetto ad altre.

Le relazioni individuate sono:

1) $a < a_1$

2) $a < a_2$

3) $a=a_3$

4) $a=a_4$

5) $a=a_5$

15. CONSISTENZA DEGLI EQUIPAGGIAMENTI PER IL RIMORCHIO

Gli equipaggiamenti per il rimorchio sono fondamentali per il servizio che offre un rimorchiatore. Dato che si è assunto un valore inferiore per la soluzione 1., le relazioni identificate sono:

1) $a < a_1$

2) $a < a_2$

3) $a < a_3$

4) $a < a_4$

5) $a < a_5$

16. CANTIERE DI COSTRUZIONE

In base ad altri rimorchiatori che possiede la SOMAT, sono state analizzate le preferenze della società riguardo ai Cantieri di costruzione. Le relazioni individuate sono le seguenti:

1) $a=a_1$

2) $a=a_2$

3) $a < a_3$

4) $a < a_4$

5) $a < a_5$

17. PROGETTISTA

Anche per quanto riguarda questa caratteristica tecnica si può fare un ragionamento molto simile:

1) $a=a_1$

2) $a=a_2$

3) $a < a_3$

4) $a < a_4$

5) $a < a_5$

18. CONSISTENZA DEGLI IMPIANTI DI CLIMATIZZAZIONE

Questa caratteristica tecnica incrementa la capacità che ha un rimorchiatore di offrire un servizio di climatizzazione il più idoneo possibile ai lunghi viaggi a cui è preposto.

Si sono identificate le seguenti relazioni:

- 1) $a < a_1$
- 2) $a < a_2$
- 3) $a = a_3$
- 4) $a = a_4$
- 5) $a < a_5$

Nel PRIMO STEP, l'unica caratteristica tecnica a cui è stato attribuito un VALORE SUPERIORE è la BOLLARD PULL.

5.2.2. CONFRONTO CON GLI ALTRI RIMORCHIATORI

Confronto tra soluzione 1 e rimorchiatore VASTASO (a1)

Per tale motivo, dal confronto con il primo rimorchiatore della concorrenza ($a_1 = \text{'VASTASO'}$), si osserva che:

- per la caratteristica tecnica 5: $a > a_1$ (si ha una preferenza stretta per a piuttosto che per a_1)
- per le caratteristiche tecniche 2, 4, 13, 16, 17: $a = a_1$ (a ed a_1 si possono considerare equivalenti)
- per le restanti caratteristiche tecniche 1, 3, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 14, 15, 18: $a < a_1$ (si ha una preferenza stretta per a_1 piuttosto che per a)

Dopo aver individuato le preferenze delle EC (caratteristiche tecniche) tra il rimorchiatore della soluzione 1 e il Vastaso, per capire se possa esserci un Surclassamento è stata calcolata, inizialmente, la somma dei pesi.

Si evince che:

- W^+ è dato dalla somma dei pesi di tutte le EC in cui a è strettamente preferito ad a_1 ed è pari a: 0,103
- W^- è dato dalla somma dei pesi di tutte le EC in cui a è indifferente ad a_1 ed è pari a: 0,309
- W è dato dalla somma dei pesi di tutte le EC in cui a_1 è strettamente preferito ad a ed è pari a: 0,588

Però, affinché sia possibile valutare un possibile SURCLASSAMENTO, con una soglia $k=0,66$, bisogna valutare se:

- $(W^+ + W^-) / W \geq 0,66$
- $W^+ / W \geq 1$

Si evince che per il primo caso la soglia non è superata in quanto $(W^+ + W^-) / W = (0,103 + 0,309) / 1 = 0,412$.

Inoltre $W^+ / W^- = 0,103/0,588 = 0,175$.

Si può dire che a non surclassa a_1 , in quanto non c'è nessuna buona ragione per rifiutare questa ipotesi.

La stessa analisi è stata effettuata anche per gli altri rimorchiatori e si sono ottenuti i seguenti risultati:

Confronto tra soluzione 1 e rimorchiatore ELISABETTA I(a2)

- $a > a_2$ per la caratteristica tecnica 5
- $a = a_2$ per le caratteristiche tecniche 6, 9, 10, 12, 16, 17
- $a < a_2$ per le altre caratteristiche tecniche, ovvero 1, 2, 3, 4, 7, 8, 11, 13, 14, 15, 18

- $W^+ = 0,103$
- $W^- = 0,601$
- $W^{\bar{}} = 0,296$
- $(W^+ + W^{\bar{}}) / W = 0,399$
- $W^+ / W^- = 0,171$

Anche in questo caso si può dedurre che a non può surclassare a_2 .

Confronto tra soluzione 1 e rimorchiatore BAIA (a3)

- non ci sono delle caratteristiche tecniche per cui $a > a_3$
- $a = a_3$ per le caratteristiche tecniche 1, 5, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 18
- $a < a_3$ per le restanti, ovvero 2, 3, 4, 6, 7, 15, 16, 17

- $W^+ = 0$
- $W^- = 0,474$
- $W^{\bar{}} = 0,526$
- $(W^+ + W^{\bar{}}) / W = 0,526$
- $W^+ / W^- = 0$

Anche in questo caso si può dedurre che a non surclassa a_3 .

Confronto tra soluzione 1 e rimorchiatore ASHDOD (a4)

- $a > a_4$ per la caratteristica tecnica 5
- $a = a_4$ per le seguenti caratteristiche tecniche 3, 7, 9, 10, 12, 13, 14, 18
- $a < a_4$ per le caratteristiche tecniche 1, 2, 4, 6, 8, 11, 15, 16, 17

- $W^+ = 0,103$
- $W^- = 0,499$

- $W^{\bar{}}=0,398$
- $(W^+ + W^{\bar{}})/ W =0,501$
- $W^+ / W^{\bar{}} = 0,206$

Anche in questo caso si può dedurre che a non surclassa a₄.

Confronto tra soluzione 1 e rimorchiatore LUISA NERI (a5)

- non ci sono delle caratteristiche tecniche per cui $a > a_5$
- per le seguenti caratteristiche tecniche si ottiene un grado di indifferenza, $a = a_5$:3, 4, 5, 9, 10, 11, 12, 13, 14
- $a < a_5$ per le restanti: 1, 2, 6, 7, 8, 15, 16, 17, 18

- $W^+ = 0$
- $W^{\bar{}} = 0,571$
- $W^{\bar{}} = 0,429$
- $(W^+ + W^{\bar{}})/ W = 0,429$
- $W^+ / W^{\bar{}} = 0$

Anche in questo caso si può dedurre che a non surclassa a₂₅.

In questo caso il rimorchiatore della SOLUZIONE 1. non è in grado di surclassare nessun altro rimorchiatore della concorrenza.

5.2.3. APPLICAZIONE DELLA SECONDA SOLUZIONE

Il secondo step prevede l'incremento del valore della seconda caratteristica tecnica più importante: il suo valore, che attualmente si trova al VALORE INFERIORE, viene sostituito dal VALORE MEDIO.

Ciò comporta un Pescaggio massimo pari a 4,8 oppure a 5, 6 metri (ovvero dei valori intermedi tra 5,2, il quale indica la soluzione ottima, e le due estremità, il quale valore è stato evidenziato in verde scuro in grassetto), oltre alla Bollard Pull già fissata precedentemente ad almeno 80 tonnellate (già evidenziata in verde in grassetto).

I passi della Seconda soluzione sono evidenziati in Figura 5 in Appendice.

La SOLUZIONE 2. è così composta:

1. Lunghezza fuori tutto= 28/33,5 metri
2. Larghezza massima= 10,8/13,5 metri
3. **Pescaggio massimo= 4,8/5,6 metri**
4. Stazza= 450 tonnellate circa
5. **Bollard Pull a prua= maggiore o uguale a 80**
6. Velocità massima a prua= 12 nodi
7. Notazioni aggiuntive di classe= 3
8. Capacità del serbatoio di combustibile= 90 tonnellate
9. Capacità del serbatoio di acqua potabile= minore di 30 tonnellate

10. Casa di produzione del motore principale= CAT, MAN, ABC
11. Consistenza dei genset= 2 genset
12. Disponibilità dei bow thrusters= N.D.
13. Casa di produzione dei propulsori=ROLLS-ROYCE/VOITH
14. Casa di produzione degli strumenti di navigazione e di comunicazione= FURUNO/JRC
15. Consistenza degli equipaggiamenti per il rimorchio= Verricello di prua a rullo singolo + verricello di poppa a rullo singolo + gancio di poppa
16. Cantiere di costruzione= BOGAZIGI/ROSSETTI
17. Progettista= CINTRANAVAL/PROJECT
18. Consistenza degli impianti di climatizzazione= Singolo impianto di climatizzazione + riscaldamento autonomo

5.2.4. CONFRONTO CON GLI ALTRI RIMORCHIATORI

Confronto tra soluzione 2 e rimorchiatore VASTASO (a1)

Dal confronto con il primo rimorchiatore della concorrenza (a1= 'VASTASO'), si osserva che:

- $a > a_1$ solo per la caratteristica tecnica 5
- $a = a_2$ per 2, 3, 4, 9, 13, 16, 17
- $a < a_2$ per le altre caratteristiche tecniche, ovvero 1, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 14, 15, 18

- $W^+ = 0,103$
- $W^- = 0,588$
- $W^{\bar{}} = 0,309$
- $(W^+ + W^{\bar{}}) / W = 0,399$
- $W^+ / W^- = 0,175$

In questo caso, nonostante sia stato incrementato il valore del Pescaggio massimo al valore medio, ciò non ha aumentato il numero di caratteristiche tecniche per cui a è preferito strettamente ad a_1 , e non ha apportato nessuna modifica sulle altre preferenze.

Si può assumere allora che non vi è alcuna differenza dal PRIMO STEP per quanto riguarda il confronto con il primo rimorchiatore e che, quindi, a non surclassa a_1 poiché non c'è nessuna buona ragione per rifiutare tale ipotesi.

Confronto tra soluzione 2 e rimorchiatore ELISABETTA I(a2)

- $a > a_2$ per le caratteristiche tecniche 3 e 5
- $a = a_2$ per 6, 9, 10, 12, 16, 17
- $a < a_2$ per le restanti caratteristiche tecniche: 1, 2, 4, 7, 8, 11, 13, 14, 15 e 18

- $W^+ = 0,203$
- $W^- = 0,601$
- $W^{\bar{}} = 0,196$
- $(W^+ + W^{\bar{}}) / W = 0,399$
- $W^+ / W^- = 0,338$

In questo secondo caso invece, modificando il valore del Pescaggio massimo dal VALORE INFERIORE al VALORE MEDIO,

Anche in questo caso si può dedurre che a non surclassa a_2 , in quanto non esiste nessuna buona ragione per rifiutare tale ipotesi.

Confronto tra soluzione 2 e rimorchiatore BAIA (a_3)

- non ci sono delle caratteristiche tecniche per cui $a > a_3$
 - $a = a_3$ per le caratteristiche tecniche 1, 5, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 18
 - $a < a_3$ per le caratteristiche tecniche 2, 3, 4, 6, 7, 15, 16, 17
-
- $W^+ = 0$
 - $W^- = 0,474$
 - $W^{\bar{}} = 0,526$
 - $(W^+ + W^{\bar{}}) / W = 0,526$
 - $W^+ / W^- = 0$

Anche in questo caso si può dedurre che a non surclassa a_3 , in quanto non esiste nessuna buona ragione per rifiutare tale ipotesi.

Confronto tra soluzione 2 e rimorchiatore ASHDOD (a_4)

- $a > a_4$ per le caratteristiche tecniche 3, 5
 - $a = a_4$ per le seguenti caratteristiche tecniche 7, 9, 10, 12, 13, 14, 18
 - $a < a_4$ per le altre, ovvero: 1, 2, 4, 6, 8, 11, 15, 16, 17
-
- $W^+ = 0,203$
 - $W^- = 0,499$
 - $W^{\bar{}} = 0,297$
 - $(W^+ + W^{\bar{}}) / W = 0,500$
 - $W^+ / W^- = 0,407$

Nonostante sia aumentato il valore di W^+ , anche in questo caso si può dedurre che a non surclassa a_4 .

Confronto tra soluzione 2 e rimorchiatore LUISA NERI (a5)

- non ci sono EC per cui $a > a_5$
- $a = a_5$ per 3, 4, 5, 9, 10, 11, 12, 13, 14
- $a < a_5$ per le restanti caratteristiche tecniche: 1, 2, 6, 7, 8, 15, 16, 17, 18.

- $W^+ = 0$
- $W^- = 0,571$
- $W^{\bar{}} = 0,42948$
- $(W^+ + W^{\bar{}}) / W = 0,42948$
- $W^+ / W^- = 0$

In questo confronto, non viene effettuata nessuna modifica rispetto alla soluzione 1.

Si può dedurre che a non surclassa a_5 .

In questo caso il rimorchiatore della SOLUZIONE 2. non è in grado di surclassare nessun altro rimorchiatore della concorrenza.

5.2.5. APPLICAZIONE DEGLI STEP SUCCESSIVI ALL'ALGORITMO Q-BENCH

Seguendo questo procedimento, si osserva che:

- Il TERZO STEP consiste nell'incrementare ulteriormente il valore della seconda caratteristica tecnica con maggiore importanza, dal VALORE MEDIO al VALORE SUPERIORE.
In questo modo il valore del PESCAGGIO MASSIMO viene sostituito dal VALORE SUPERIORE, pari a 5,2 metri e non viene effettuata nessuna modifica alle restanti caratteristiche tecniche. Anche in questo caso, la SOLUZIONE 3. non è in grado di surclassare nessuna delle altre alternative e quindi bisogna analizzare la soluzione successiva. Il terzo step è stato analizzato nella Figura 6 in Appendice.
- Il QUARTO STEP consiste nell'incrementare il VALORE della terza caratteristica tecnica più importante, ovvero la STAZZA, dal VALORE INFERIORE al VALORE MEDIO (ovvero dalle 450 tonnellate alle 475 tonnellate circa).
Dal confronto con gli altri rimorchiatori, in merito alla stazza, si ha una preferenza stretta per il rimorchiatore della SOLUZIONE 4. rispetto agli altri rimorchiatori della concorrenza, i quali hanno una stazza massima di 466 tonnellate.
Con questo step, la soglia $k=0,66$ viene superata mediante il confronto tra questa soluzione ed il rimorchiatore Baia, ma il rapporto W^+/W^- rimane sempre minore di 1. Il quarto step è stato analizzato in Appendice nella Figura 7.
- Il QUINTO STEP consiste nell'incrementare ulteriormente il valore della stazza dal VALORE MEDIO al VALORE SUPERIORE (ovvero le 499 tonnellate).
La necessità della SOMAT è quella di individuare un rimorchiatore che non superi le 500 tonnellate. In questo modo si rispettano sia questa condizione, sia i requisiti di RIMORCHIO IN ALTEURA, e del PIANO DI STABILITÀ, i quali presuppongono che il rimorchiatore abbia una certa stabilità per affrontare questi lunghi viaggi.

Nonostante anche la STAZZA sia stata portata al VALORE SUPERIORE, nemmeno il rimorchiatore della SOLUZIONE 5. riesce a surclassare i rimorchiatori della concorrenza e quindi bisogna esaminare il rimorchiatore della soluzione successiva. La quinta soluzione è analizzata della Figura 8 in Appendice.

- Il SESTO STEP consiste nell'incrementare il valore della caratteristica tecnica CONSISTENZA DEGLI EQUIPAGGIAMENTI PER IL RIMORCHIO, così che il valore possa passare dal VALORE INFERIORE al VALORE MEDIO, ovvero degli equipaggiamenti costituiti da uno dei due verricelli singolo e l'altro doppio (che sia con doppio rullo indipendente o meno) ed uno dei due ganci (preferibilmente il gancio di poppa, più indicato per le operazioni in altura). In questo modo, il rimorchiatore della SOLUZIONE 6., sarà strettamente preferito, dal punto di vista di questa caratteristica tecnica, solo rispetto all'alternativa a4. Saranno invece strettamente preferite a2 ed a3, dato che ELISABETTA I è molto più equipaggiato rispetto alla soluzione 6. ed il rimorchiatore BAIA, nonostante abbia entrambi i verricelli singoli, ha il towing pin, e quindi, anche se per una differenza minima, si può ritenere strettamente preferito alla soluzione attuale. Per quanto riguarda il confronto con a1 ed a5, invece, si possono ritenere indifferenti, dato che gli equipaggiamenti di a5 (LUISA NERI) coincidono con il VALORE MEDIO, mentre gli equipaggiamenti di a1 (VASTASO) anche se diversi, si possono considerare coincidenti.

Durante l'applicazione del sesto step, il rimorchiatore ottenuto riesce a surclassare il rimorchiatore 4 (Ashdod), in quanto il rapporto $(W^+ + W^-)/W$ è maggiore di $k=0,66$ ma anche W^+/W^- è maggiore di 1.

Il sesto step è stato analizzato nella Figura 9 in Appendice.

- Il SETTIMO STEP consiste nell'incrementare il valore dal VALORE MEDIO al VALORE SUPERIORE della stessa caratteristica tecnica. In questo modo entrambi i verricelli avranno un doppio rullo, sono presenti i due ganci (di poppa e di prua) e anche il towing pin. Analizzando questa caratteristica tecnica, con la SOLUZIONE 7., il valore implementato del rimorchiatore sarà considerato indifferente soltanto ad a2, mentre sarà strettamente preferito alle altre alternative. Il settimo step viene studiato nella figura 10 in Appendice. Con l'applicazione del settimo step, adesso il rimorchiatore ottenuto riesce a surclassare anche il rimorchiatore Baia.

- L'OTTAVO STEP consiste nell'incrementare il valore della caratteristica tecnica 13 (ovvero la CASA DI PRODUZIONE DEI PROPULSORI). Date le preferenze della società si possono analizzare solo due VALORI, quindi dal VALORE INFERIORE si passa direttamente al VALORE SUPERIORE (la tipologia SHOTTEL va a sostituire ROLLS-ROYCE). In questo modo, dopo aver applicato la SOLUZIONE 8., la caratteristica tecnica implementata sarà strettamente preferita ad a1, a3, a4 ed a5, restando indifferente soltanto ad a2.

Alle conclusioni fatte precedentemente, si aggiunge anche che il rapporto W^+/W^- nel confronto fatto con il rimorchiatore Vastaso diventa maggiore di 1. La soluzione 8 è stata analizzata in Appendice nella Figura 11.

- Il NONO STEP richiede l'implementazione della CAPACITÀ DEL SERBATOIO DI COMBUSTIBILE dal VALORE INFERIORE al VALORE MEDIO (dalle 90 alle 150 tonnellate circa). In questo modo, si ha una preferenza stretta di questa caratteristica tecnica rispetto alle alternative a3, a4 ed a5. Tuttavia rimane indifferente rispetto ad a1 ed a2.

Con questo step si riesce a surclassare anche il rimorchiatore Luisa Neri.

- In Appendice, nella Figura 12, sono stati rappresentati i passi per arrivare alla nona soluzione.
- Il DECIMO STEP consiste nell'incrementare ulteriormente la CAPACITÀ DEL SERBATOIO DI COMBUSTIBILE (così che questa arriva ad almeno le 200 tonnellate): con questa procedura la caratteristica tecnica di questa soluzione riuscirà ad essere indifferente rispetto alla stessa di a1 ed a2.

Applicando il decimo step, la soglia $k = (W^+ + W^-) / W = 0,66$ viene superata anche dal confronto con il rimorchiatore Elisabetta I. Tuttavia, per questo rimorchiatore, il rapporto W^+ / W^- rimane inferiore ad 1. La decima soluzione è stata analizzata in Figura 13 dell'Appendice.

- L'UNDICESIMO STEP evidenzia l'incremento dal VALORE INFERIORE al VALORE SUPERIORE della LARGHEZZA MASSIMA del rimorchiatore. Anche in questo caso non viene analizzato un VALORE MEDIO in quanto la differenza è minima. In questo modo la SOLUZIONE 11. permetterà una preferenza stretta di questa caratteristica rispetto alle alternative a1, a2, a4 ed a5 ma sarà indifferente ad a3.

Con questo step si riesce a surclassare anche il rimorchiatore Elisabetta I.

In Figura 14 in Appendice è stato rappresentato l'undicesimo step.

- Il DODICESIMO STEP consiste nel portare il valore della LUNGHEZZA FUORI TUTTO, ovvero la lunghezza totale del rimorchiatore, al VALORE SUPERIORE, per le stesse ragioni dello step precedente. In questo modo si ha un'indifferenza di questo rimorchiatore alle prime due alternative ed una preferenza stretta rispetto alle altre tre.

In Figura 15, in Appendice, è stato analizzato il dodicesimo step.

Con questo passaggio si riesce a surclassare tutti i rimorchiatori con la soglia $k = 0,66$.

1. SOGLIA $K = 0.66$

Con la SOGLIA $K = 0.66$ si ottiene la seguente soluzione:

1. LUNGHEZZA FUORI TUTTO: 32/32,5 m
2. LARGHEZZA MASSIMA: 12/12,5 m
3. PESCAGGIO MASSIMO: 5,2 m
4. STAZZA: Massima, circa 499 tonnellate
5. BOLLARD PULL: almeno pari ad 80 tonnellate
6. VELOCITÀ MASSIMA: 12 nodi
7. NUMERO DI NOTAZIONI DI CLASSE AGGIUNTIVE: 3
8. CAPACITÀ DEL SERBATOIO DI COMBUSTIBILE: almeno pari a 200 tonnellate
9. CAPACITÀ DEL SERBATOIO DI ACQUA POTABILE: minore o uguale a 30 tonnellate
10. CASA DI PRODUZIONE DEL MOTORE PRINCIPALE: CAT/MAN/ ABC
11. CONSISTENZA DEGLI IMPIANTI AUSILIARI E GENSET: 2 genset
12. DISPONIBILITÀ DEI BOW THRUSTERS DEI BOW THRUSTERS (se disponibili): NON DISPONIBILI
13. CASA DI PRODUZIONE DEI PROPULSORI: SHOTTEL
14. CASA DI PRODUZIONE DEGLI STRUMENTI DI NAVIGAZIONE E COMUNICAZIONE: FURUNO/JRC
15. CONSISTENZA DEGLI EQUIPAGGIAMENTI PER IL RIMORCHIO: Verricello di prua a doppio rullo, verricello di poppa a doppio rullo, gancio di prua, gancio di poppa e towing pin
16. CANTIERE DI COSTRUZIONE: BOGAZICI
17. PROGETTISTA: CINTRANAVAL

18. CONSISTENZA DEGLI IMPIANTI DI CLIMATIZZAZIONE: Singolo impianto di climatizzazione e riscaldamento autonomo.

2. CONFRONTO TRA LA SOLUZIONE IDEALE E GLI ALTRI RIMORCHIATORI

Confronto tra soluzione 12 e rimorchiatore VASTASO (a1)

Dal confronto con il primo rimorchiatore della concorrenza (a1= 'VASTASO'), si osserva che:

- $a > a_1$ per le seguenti caratteristiche tecniche: 2, 3, 4, 5, 13, 15
- $a = a_2$ per: w1, w8, w16, w17
- $a < a_2$ per le restanti: 6, 7, 9, 10, 11, 12, 14, 18

- $W^+ = 0,508$
- $W^- = 0,285$
- $W^{\bar{}} = 0,207$
- $(W^+ + W^{\bar{}}) / W = 0,715$
- $W^+ / W^- = 1,786$

Confronto tra soluzione 12 e rimorchiatore ELISABETTA I (a2)

- $a > a_2$ per le seguenti caratteristiche tecniche: 2, 3, 4, 5
- $a = a_2$ per: 1, 6, 8, 9, 10, 12, 13, 15, 16, 17
- $a < a_2$ per: 7, 11, 14, 18

- $W^+ = 0,352$
- $W^- = 0,173$
- $W^{\bar{}} = 0,475$
- $(W^+ + W^{\bar{}}) / W = 0,827$
- $W^+ / W^- = 2,037$

Confronto tra soluzione 12 e rimorchiatore BAIA (a3)

- $a > a_3$ per queste caratteristiche tecniche: 1, 3, 4, 8, 13, 15
- $a = a_3$ per: 2, 5, 9, 10, 11, 12, 14, 18
- $a < a_3$ per: 6, 7, 16, 17

- $W^+ = 0,464$
- $W^- = 0,145$
- $W^{\bar{}} = 0,391$
- $(W^+ + W^{\bar{}}) / W = 0,855$

- $W^+ / W^- = 3,202$

Confronto tra soluzione 12 e rimorchiatore ASHDOD (a4)

- $a > a_4$ per le seguenti: 1, 2, 3, 4, 5, 8, 13, 15
- $a = a_4$ per: 7, 9, 10, 12, 14, 18
- $a < a_4$ per: 6, 11, 16, 17

- $W^+ = 0,632$
- $W^- = 0,147$
- $W^{\bar{}} = 0,221$
- $(W^+ + W^{\bar{}}) / W = 0,853$
- $W^+ / W^- = 4,284$

Confronto tra soluzione 12 e rimorchiatore LUISA NERI (a5)

- $a > a_5$ per: 1, 2, 3, 4, 8, 13, 15
- $a = a_5$ per: 5, 9, 10, 11, 12, 14
- $a < a_5$ per: 6, 7, 16, 17, 18

- $W^+ = 0,529$
- $W^- = 0,202$
- $W^{\bar{}} = 0,269$
- $(W^+ + W^{\bar{}}) / W = 0,798$
- $W^+ / W^- = 2,616$

3. SOGLIA $K=0.75$

È possibile procedere ulteriormente con l'algoritmo, in modo da giungere alla Soglia $k=0,75$ in riferimento al confronto con tutte le altre alternative.

Si analizza quindi la soluzione successiva (SOLUZIONE 13), si vedano i passaggi in Appendice, in Figura 16.

In questo caso bisogna portare il valore di "Consistenza degli impianti di climatizzazione" dal VALORE INFERIORE al VALORE SUPERIORE.

I risultati ottenuti sono i seguenti:

1. LUNGHEZZA FUORI TUTTO: 32/32,5 m
2. LARGHEZZA MASSIMA: 12/12,5 m
3. PESCAGGIO MASSIMO: 5,2 m
4. STAZZA: Massima, circa 499 tonnellate
5. BOLLARD PULL: almeno pari ad 80 tonnellate
6. VELOCITÀ MASSIMA: 12 nodi
7. NUMERO DI NOTAZIONI DI CLASSE AGGIUNTIVE: 3

8. CAPACITÀ DEL SERBATOIO DI COMBUSTIBILE: almeno pari a 200 tonnellate
9. CAPACITÀ DEL SERBATOIO DI ACQUA POTABILE: minore o uguale a 30 tonnellate
10. CASA DI PRODUZIONE DEL MOTORE PRINCIPALE: CAT/MAN/ ABC
11. CONSISTENZA DEGLI IMPIANTI AUSILIARI E GENSET: 2 genset
12. DISPONIBILITÀ DEI BOW THRUSTERS: NON DISPONIBILI
13. CASA DI PRODUZIONE DEI PROPULSORI: SHOTTEL
14. CASA DI PRODUZIONE DEGLI STRUMENTI DI NAVIGAZIONE E COMUNICAZIONE: FURUNO/JRC
15. CONSISTENZA DEGLI EQUIPAGGIAMENTI PER IL RIMORCHIO: Verricello di prua a doppio rullo, verricello di poppa a doppio rullo, gancio di prua, gancio di poppa e towing pin
16. CANTIERE DI COSTRUZIONE: BOGAZICI
17. PROGETTISTA: CINTRANAVAL
18. CONSISTENZA DEGLI IMPIANTI DI CLIMATIZZAZIONE: Impianto di climatizzazione doppio con riscaldamento centralizzato.

4. CONFRONTO TRA LA SOLUZIONE IDEALE E GLI ALTRI RIMORCHIATORI

Confronto tra soluzione 13 e rimorchiatore VASTASO (a1)

Dal confronto con il primo rimorchiatore della concorrenza (a1= 'VASTASO'), si osserva che:

- $a > a_1$ per: 2, 3, 4, 5, 13, 15
- $a = a_1$ per: 1, 8, 16, 17, 18
- $a < a_1$ per: 6, 7, 9, 10, 11, 12, 14

- $W^+ = 0,508$
- $W^- = 0,285$
- $W^{\bar{}} = 0,207$
- $(W^+ + W^-) / W = 0,715$
- $W^+ / W^- = 2,23$

Confronto tra soluzione 13 e rimorchiatore ELISABETTA I (a2)

- $a > a_2$ per: 2, 3, 4, 5
- $a = a_2$ per: 1, 6, 8, 9, 10, 12, 13, 15, 16, 17, 18
- $a < a_2$ per: 7, 11, 14

- $W^+ = 0,352$
- $W^- = 0,116$
- $W^{\bar{}} = 0,532$
- $(W^+ + W^-) / W = 0,884$
- $W^+ / W^- = 3,596$

Confronto tra soluzione 13 e rimorchiatore BAIA (a3)

- $a > a_3$ per: 1, 3, 4, 8, 13, 15, 18
- $a = a_3$ per: 2, 5, 9, 10, 11, 12, 14
- $a < a_3$ per: 6, 7, 16, 17

- $W^+ = 0,521$
- $W^- = 0,145$
- $W^{\bar{}} = 0,334$
- $(W^+ + W^-) / W = 0,855$
- $W^+ / W^- = 3,596$

Confronto tra soluzione 13 e rimorchiatore ASHDOD (a4)

- $a > a_4$ per: 1, 2, 3, 4, 5, 8, 13, 15, 18
- $a = a_4$ per: 7, 9, 10, 12, 14
- $a < a_4$ per: 6, 11, 16, 17

- $W^+ = 0,689$
- $W^- = 0,147$
- $W^{\bar{}} = 0,164$
- $(W^+ + W^-) / W = 0,853$
- $W^+ / W^- = 4,672$

Confronto tra soluzione 13 e rimorchiatore LUISA NERI (a5)

- $a > a_5$ per: 1, 2, 3, 4, 8, 13, 15, 18
- $a = a_5$ per: 5, 9, 10, 11, 12, 14
- $a < a_5$ per: 6, 7, 16, 17

- $W^+ = 0,586$
- $W^- = 0,145$
- $W^{\bar{}} = 0,269$
- $(W^+ + W^-) / W = 0,855$
- $W^+ / W^- = 4,044$

Dopo aver individuato le soluzioni ideali con queste due soglie (ovvero la SOLUZIONE 12 e la SOLUZIONE 13), sono stati identificati i rimorchiatori che più si avvicinano alle due diverse soglie.

Dato che non è facile richiedere un progetto del tutto nuovo per ogni soglia, sono stati individuati dei rimorchiatori che rispettano il più possibile queste soluzioni ideali, da cui la SOMAT ha ricevuto delle OFFERTE da alcuni cantieri di costruzione, per l'acquisto di diversi rimorchiatori.

6. ANALISI DEI COSTI E DEI RICAVI CHE GENERA UN RIMORCHIATORE

Di seguito vengono evidenziati i passaggi per individuare un'analisi di COSTI/BENEFICI, volta ad esaminare la fattibilità o meno di tale investimento.

6.1. COSTI E RICAVI DI UN RIMORCHIATORE CHE SODDISFA I REQUISITI DELLA SOLUZIONE 12

Tra i rimorchiatori per cui la SOMAT ha ricevuto delle offerte da parte dei cantieri di costruzione ne sono stati scelti due, i quali si avvicinano in modo più preciso alla soluzione individuata con la soglia $k=0,66$.

Si tratta dei rimorchiatori: BOGAZICI CND 32 80 (con la casa di produzione del motore principale ABC oppure CAT) e DAMEN ASD 32 12.

Per quanto riguarda il primo rimorchiatore, le CARATTERISTICHE TECNICHE analizzate nell'algoritmo sono:

BOGAZICI CND 32 80 (ABC)

1. LUNGHEZZA FUORI TUTTO: 32
2. LARGHEZZA MASSIMA: 12,5 m
3. PESCAGGIO MASSIMO: 5,26 m
4. STAZZA: Massima, circa 499 tonnellate
5. BOLLARD PULL: 82,5 tonnellate
6. VELOCITÀ MASSIMA: 13 nodi
7. NUMERO DI NOTAZIONI DI CLASSE AGGIUNTIVE: 3
8. CAPACITÀ DEL SERBATOIO DI COMBUSTIBILE: 204,575 tonnellate
9. CAPACITÀ DEL SERBATOIO DI ACQUA POTABILE: 30 tonnellate
10. CASA DI PRODUZIONE DEL MOTORE PRINCIPALE: ABC
11. CONSISTENZA DEGLI IMPIANTI AUSILIARI E GENSET: 2 genset + generatore di porto
12. DISPONIBILITÀ DEI BOW THRUSTERS: NON DISPONIBILI
13. CASA DI PRODUZIONE DEI PROPULSORI: SHOTTEL
14. CASA DI PRODUZIONE DEGLI STRUMENTI DI NAVIGAZIONE E COMUNICAZIONE: FURUNO/JRC
15. CONSISTENZA DEGLI EQUIPAGGIAMENTI PER IL RIMORCHIO: Verricello di prua a doppio rullo, verricello di poppa a singolo rullo, gancio di poppa e towing pin
16. CANTIERE DI COSTRUZIONE: BOGAZICI
17. PROGETTISTA: CINTRANAVAL
18. CONSISTENZA DEGLI IMPIANTI DI CLIMATIZZAZIONE: Impianto di climatizzazione singolo e riscaldamento autonomo.

BOGAZICI CND 32 80 (CAT)

1. LUNGHEZZA FUORI TUTTO: 32
2. LARGHEZZA MASSIMA: 12,5 m
3. PESCAGGIO MASSIMO: 5,26 m
4. STAZZA: Massima, circa 499 tonnellate
5. BOLLARD PULL: 81,5 tonnellate
6. VELOCITÀ MASSIMA: 13 nodi
7. NUMERO DI NOTAZIONI DI CLASSE AGGIUNTIVE: 3
8. CAPACITÀ DEL SERBATOIO DI COMBUSTIBILE: 204,575 tonnellate
9. CAPACITÀ DEL SERBATOIO DI ACQUA POTABILE: 30 tonnellate
10. CASA DI PRODUZIONE DEL MOTORE PRINCIPALE: CAT
11. CONSISTENZA DEGLI IMPIANTI AUSILIARI E GENSET: 2 genset + generatore di porto
12. DISPONIBILITÀ DEI BOW THRUSTERS (se disponibili): NON DISPONIBILI
13. CASA DI PRODUZIONE DEI PROPULSORI: SHOTTEL;
14. CASA DI PRODUZIONE DEGLI STRUMENTI DI NAVIGAZIONE E COMUNICAZIONE: FURUNO/JRC;
15. CONSISTENZA DEGLI EQUIPAGGIAMENTI PER IL RIMORCHIO: Verricello di prua a doppio rullo, verricello di poppa a singolo rullo, gancio di poppa e towing pin;
16. CANTIERE DI COSTRUZIONE: BOGAZICI;
17. PROGETTISTA: CINTRANAVAL;
18. CONSISTENZA DEGLI IMPIANTI DI CLIMATIZZAZIONE: Impianto di climatizzazione singolo e riscaldamento autonomo.

Per il primo rimorchiatore, la SOMAT ha ricevuto due opzioni: far installare un motore principale con casa di produzione ABC oppure far installare un motore principale con casa di produzione CAT.

Le diverse case produttive, permetterebbero una BOLLARD PULL MASSIMA DIFFERENTE: nel primo caso è garantita un BP pari ad 82,5 tonnellate (nel caso di motore principale ABC); nel secondo caso invece la BP garantita è pari ad 81,5 tonnellate.

In entrambi i casi è comunque rispettato il requisito richiesto di almeno 80 tonnellate di BP.

La differenza sostanziale è determinata però dal prezzo offerto.

Infatti, mentre il prezzo di acquisto richiesto per il primo rimorchiatore è di €7765000, per quanto riguarda il prezzo del secondo rimorchiatore, esso è pari a €8145000.

Inoltre, anche se non incidente sull'algoritmo (in funzione dell'analisi fatta della quotazione ricevuta dal cantiere di costruzione alla SOMAT) la differenza sarebbe anche nella casa di produzione degli impianti ausiliari: nel primo rimorchiatore, questi sono VOLVO PENTA, mentre nel secondo, si tratta di tipologia CATERPILLAR (CAT).

Inoltre, mentre il primo garantirebbe una delivery prevista di 15 mesi, la consegna prevista per il secondo rimorchiatore sarebbe pari a 16 mesi, quindi in un mese di tempo si avrebbe un guadagno netto superiore dato dall'utilizzo del rimorchiatore per un contratto di noleggio.

Per questo si può eliminare la soluzione proposta dal BOGAZICI CND 32 80 con CASA DI PRODUZIONE DEI MOTORI PRINCIPALI CAT (nonostante i motori principali di questa casa siano più reperibili in commercio ed inoltre la maggior parte dei rimorchiatori della SOMAT possiedono motori principali di questa tipologia), perché la differenza di costo tra i due rimorchiatori è molto elevata.

DAMEN ASD 32 12

1. LUNGHEZZA FUORI TUTTO: 32,7 m
2. LARGHEZZA MASSIMA: 12,82 m
3. PESCAGGIO MASSIMO: 5,35 m
4. STAZZA: circa 450 tonnellate
5. BOLLARD PULL: 83 tonnellate
6. VELOCITÀ MASSIMA: 13 nodi
7. NUMERO DI NOTAZIONI DI CLASSE AGGIUNTIVE: 4 (ESCORT, UNRESTRICTED, FIRE FIGHTING, OIL RECOVERY)
8. CAPACITÀ DEL SERBATOIO DI COMBUSTIBILE: 124,6 tonnellate
9. CAPACITÀ DEL SERBATOIO DI ACQUA POTABILE: 15,4 tonnellate
10. CASA DI PRODUZIONE DEL MOTORE PRINCIPALE: CAT
11. CONSISTENZA DEGLI IMPIANTI AUSILIARI E GENSET: 2 GENSET
12. DISPONIBILITÀ DEI BOW THRUSTERS: NON DISPONIBILI
13. CASA DI PRODUZIONE DEI PROPULSORI: KONGSBERG
14. CASA DI PRODUZIONE DEGLI STRUMENTI DI NAVIGAZIONE E COMUNICAZIONE: FURUNO
15. CONSISTENZA DEGLI EQUIPAGGIAMENTI PER IL RIMORCHIO: Verricello di prua a doppio rullo, verricello di poppa a singolo rullo
16. CANTIERE DI COSTRUZIONE: DAMEN SHIPYARD
17. PROGETTISTA: DAMEN
18. CONSISTENZA DEGLI IMPIANTI DI CLIMATIZZAZIONE: Impianto di climatizzazione singolo e riscaldamento centralizzato.

Per poter effettuare un confronto, erano stati considerati precedentemente altri rimorchiatori, scartati in quanto si distaccavano molto di più dalla soluzione ideale.

Per prima cosa ho calcolato la somma delle importanze di tutte quelle Caratteristiche tecniche che coincidono con la soluzione ideale.

Nel primo caso questa è pari all'85,64%: data dalla somma delle seguenti caratteristiche: LUNGHEZZA MASSIMA, LARGHEZZA MASSIMA, PESCAGGIO MASSIMO, STAZZA, BOLLARD PULL, NOTAZIONI AGGIUNTIVE DI CLASSE, CAPACITÀ DEL SERBATOIO DI COMBUSTIBILE, CAPACITÀ DEL SERBATOIO DI ACQUA POTABILE, CASA DI PRODUZIONE DEL MOTORE PRINCIPALE, CASA DI PRODUZIONE DEI BOW THRUSTERS, CASA DI PRODUZIONE DEI PROPULSORI,, CASA DI PRODUZIONE

DEGLI STRUMENTI DI NAVIGAZIONE E COMUNICAZIONE, CANTIERE DI COSTRUZIONE, PROGETTISTA.

Nel secondo caso, invece, questa è minore: pari al 56,93%, ed è data dalla somma delle seguenti caratteristiche: LUNGHEZZA MASSIMA, PESCAGGIO MASSIMO, STAZZA, BOLLARD PULL, CAPACITÀ DEL SERBATOIO DI ACQUA POTABILE, CASA DI PRODUZIONE DEL MOTORE PRINCIPALE, CONSISTENZA DEGLI IMPIANTI AUSILIARI E DEI GENSET, CASA DI PRODUZIONE DEI BOW THRUSTERS, CASA DI PRODUZIONE DEGLI STRUMENTI DI NAVIGAZIONE E COMUNICAZIONE.

Il PESCAGGIO MASSIMO è leggermente differente dalla soluzione ideale (5,35 m piuttosto che 5,2 m), ma dato che il suo valore si avvicina più al VALORE IDEALE (VALORE SUPERIORE) che al VALORE INTERMEDIO, è stato considerato uguale a quello IDEALE.

Per effettuare un possibile confronto, si è ipotizzato di concentrarsi su: Caratteristiche tecniche che hanno un valore superiore rispetto alla SOLUZIONE IDEALE, sul tempo di CONSEGNA e sul PREZZO DI ACQUISTO.

In seguito, è stato facile ricalcolare la SOMMA DEI PESI DELLE CARATTERISTICHE TECHICHE che non rispettano la SOLUZIONE IDEALE.

La prima SOMMA è pari al 14,36% mentre la seconda è pari al 43,07%.

Il tempo di consegna del rimorchiatore è invece pari a 15 mesi per il BOGAZICI CND 32 80, mentre solo 6,5 mesi per l'ASD 32 12.

Per quanto riguarda il PREZZO DI QUOTAZIONE, questo sarà pari a 7,765 Milioni di € nel primo caso e 7,3 Milioni € per il secondo caso.

In seguito, in funzione della differenza sui tempi di consegna, è stata effettuata un'analisi dei COSTI-RICAVI.

Questo è stato possibile dopo aver effettuato un'analisi dei contratti di Noleggio sottoscritti precedentemente dalla Somat, per rimorchiatori utilizzati nelle medesime operazioni.

Nello specifico, sono stati utilizzati i due seguenti prospetti dell'anno 2020 per effettuare un confronto.

ANALISI "FATTURATO / COSTI" ANNO 2020

RIM.RE "RINGHIO"

| FATTURATO | | | | | | | COSTI | | | | | | | | |
|---------------|-------------------------------|--------------------|---------------------|-------------------------|------------|---------------------|---------------------------------------|---------------------|-------------------|------------------|-------------------|-----------------------|--|---------------------------------------|---------------|
| | RIMORCHIO PORTUALE DI PALERMO | RIMORCHIO PORT. TP | NOLEGGI | RECUPERO BUNKER E VARIE | SALVATAGGI | TOTALE FATTURATO | COSTO PERSONALE al netto degli agravi | ACQ. BUNKER LUBRIF. | ALTRI COSTI | ONERI FINANZIARI | TOTALE COSTI | RISULTATO DI GESTIONE | INCIDENZA COSTO PERS. SU FATTURATO (%) | INCIDENZA COSTO TOT. SU FATTURATO (%) | |
| Gennaio | | | 124.000,00 | | | 124.000,00 | 24.143,60 | | 10.659,39 | | 34.802,99 | 89.197,01 | + | 19,47% | 28,07% |
| Febbraio | | | 116.000,00 | | | 116.000,00 | 30.411,41 | | 8.732,81 | | 39.144,22 | 76.855,78 | + | 26,22% | 33,75% |
| Marzo | | | 124.000,00 | | | 124.000,00 | 24.359,20 | | 10.223,67 | | 34.582,87 | 89.417,13 | + | 19,64% | 27,89% |
| Aprile | | | 120.000,00 | | | 120.000,00 | 24.403,66 | 2.350,00 | 22.896,37 | | 49.650,03 | 70.349,97 | + | 20,34% | 41,38% |
| Maggio | | | 124.000,00 | | | 124.000,00 | 24.621,79 | | 6.817,84 | | 31.439,63 | 92.560,37 | + | 19,86% | 25,35% |
| Giugno | | | 108.000,00 | | | 108.000,00 | 24.171,88 | | 12.667,32 | | 36.839,20 | 71.160,80 | + | 22,38% | 34,11% |
| Luglio | | | 111.600,00 | | | 111.600,00 | 42.417,53 | | 19.327,26 | | 61.744,79 | 49.855,21 | + | 38,01% | 55,33% |
| Agosto | | | 111.600,00 | | | 111.600,00 | 24.900,08 | 2.919,60 | 9.024,38 | | 36.844,06 | 74.755,94 | + | 22,31% | 33,01% |
| Settembre | | | 120.000,00 | | | 120.000,00 | 26.213,08 | | 29.195,70 | | 55.408,78 | 64.591,22 | + | 21,84% | 46,17% |
| Ottobre | | | 124.000,00 | | | 124.000,00 | 38.297,38 | | 7.954,15 | | 46.251,53 | 77.748,47 | + | 30,88% | 37,30% |
| Novembre | | | 120.000,00 | | | 120.000,00 | 24.446,29 | | 32.578,81 | | 57.025,10 | 62.974,90 | + | 20,37% | 47,52% |
| Dicembre | | | 124.000,00 | | | 124.000,00 | 33.819,21 | | 18.472,87 | | 52.292,08 | 71.707,92 | + | 27,27% | 42,17% |
| Totale | | | 1.427.200,00 | | | 1.427.200,00 | 342.205,11 | 5.269,60 | 188.550,57 | | 636.025,28 | 891.174,72 | + | 23,98% | 37,56% |

Figura 6.1: Prospetto anno 2020 del Rimorchiatore Ringhio

ANALISI "FATTURATO / COSTI" ANNO 2020

RIM.RE "MARCANDREA"

| FATTURATO | | | | | | | COSTI | | | | | | | | | |
|---------------|---------------------------------------|-----------------------|-------------------|---------------------|------------------|---------------------|---------------------------------------|---------------------|-------------------|-------------------|---------------------|-----------------------|--|---------------------------------------|---------------|---------|
| | RIMORCHIO PORTUALE DI TRAPANI PALERMO | ASSISTENZA PORTO GELA | ALTURA | NOLEGGI | RECUPERO COSTI | TOTALE FATTURATO | COSTO PERSONALE al netto degli agravi | ACQ. BUNKER LUBRIF. | ALTRI COSTI | ONERI FINANZIARI | TOTALE COSTI | RISULTATO DI GESTIONE | INCIDENZA COSTO PERS. SU FATTURATO (%) | INCIDENZA COSTO TOT. SU FATTURATO (%) | | |
| Gennaio | | 156.664,01 | | | | 156.664,01 | 15.564,87 | 86.759,35 | 11.004,70 | 177.240,70 | 290.569,62 | - | 9,94% | 185,47% | | |
| Febbraio | | 86.867,14 | | | | 86.867,14 | 14.729,97 | | 12.511,72 | | 27.241,69 | 59.625,45 | + | 16,96% | 31,36% | |
| Marzo | | | 222.158,33 | | | 222.158,33 | 29.361,45 | 8.328,27 | 18.809,22 | | 56.498,94 | 165.659,39 | + | 13,22% | 25,43% | |
| Aprile | | | | 78.218,45 | 13.803,25 | 92.021,70 | 29.990,66 | 49.773,65 | 53.516,46 | | 133.280,77 | - | 41,259,07 | - | 32,59% | 144,84% |
| Maggio | | | | 121.454,11 | 884,64 | 122.338,75 | 33.659,25 | | 14.115,72 | | 47.774,97 | 74.563,78 | + | 27,51% | 39,05% | |
| Giugno | | | | 132.931,65 | | 132.931,65 | 33.001,02 | | 11.059,45 | | 44.060,47 | 88.871,18 | + | 24,83% | 33,15% | |
| Luglio | | | | 131.993,50 | | 131.993,50 | 40.132,00 | | 27.571,95 | 187.740,00 | 255.443,95 | - | 123.450,45 | - | 30,40% | 193,53% |
| Agosto | | | | 130.088,09 | 377,67 | 130.465,76 | 42.518,22 | | 15.909,30 | | 58.427,52 | 72.038,24 | + | 32,59% | 44,78% | |
| Settembre | | | | 128.183,25 | 846,00 | 129.029,25 | 38.464,83 | | 21.044,01 | | 59.508,84 | 69.520,41 | + | 29,81% | 46,12% | |
| Ottobre | | | | 132.433,39 | 794,60 | 133.227,99 | 38.347,63 | | 24.194,74 | | 62.542,37 | 70.685,62 | + | 28,78% | 46,94% | |
| Novembre | | | | 125.817,75 | | 125.817,75 | 36.305,01 | | 41.456,66 | | 77.761,67 | 48.056,08 | + | 28,86% | 61,81% | |
| Dicembre | | | | 126.314,15 | 4.621,07 | 130.935,22 | 42.710,67 | | 71.224,39 | 9.316,37 | 123.251,43 | 7.683,79 | + | 32,62% | 94,13% | |
| Totale | | 343.531,15 | 222.158,33 | 1.107.434,34 | 21.227,23 | 1.594.451,05 | 394.785,58 | 144.861,27 | 322.418,32 | 374.297,07 | 1.236.362,34 | 368.068,81 | + | 24,76% | 77,54% | |

Figura 6.2: Prospetto anno 2020 del Rimorchiatore Marcandrea

Come si evince dai prospetti dell'anno 2020 dei rimorchiatori RINGHIO e MARCANDREA, si possono calcolare le seguenti voci:

FATTURATO MEDIO: 1500162 €, caratterizzato dalla media dei seguenti fatturati:

- FATTURATO ANNUO DEL RIMORCHIATORE RINGHIO = 1427200 €;
- FATTURATO ANNUO DEL RIMORCHIATORE MARCANDREA = 243531,15 € (RICAVO DA ASSISTENZA SUL PORTO DI GELA) + 222158,33 € (RICAVO DA RIMORCHIO IN ALTURA) + 1107434,34 € (RICAVO DA NOLEGGIO IN ARABIA SAUDITA)

COSTO MEDIO: 699044,9 €, caratterizzato dalla media dei seguenti costi:

- COSTO ANNUO DEL RIMORCHIATORE RINGHIO = 342205,11 € (COSTO DEL PERSONALE) + 5269,60 € (COSTO ACQUISTO OLIO LUBRIFICANTE) + 188550,57 € (ALTRI COSTI)
- COSTO ANNUO DEL RIMORCHIATORE MARCANDREA = 394785,58 € (COSTO DEL PERSONALE) + 144861,27 € (COSTO ACQUISTO OLIO LUBRIFICANTE) + 322418,32 € (ALTRI COSTI)

Nel calcolo dei costi medi, non sono stati considerati gli Oneri finanziari poiché non sono stati sostenuti nell'anno 2020 da entrambi i rimorchiatori ma soltanto dal Rimorchiatore Marcandrea (il quale è stato acquistato più recentemente), mentre sono stati sostenuti dal rimorchiatore Ringhio precedentemente. Si può fare un ragionamento analogo per quanto riguarda il RECUPERO COSTI.

Per effettuare l'analisi dei Costi / Benefici, sono stati evidenziati soltanto i costi che genera un rimorchiatore durante il servizio offerto.

Inoltre, i rimorchiatori individuati con la soglia $k=0.66$ hanno un tempo di consegna differente.

Mentre il cantiere Bogazici garantirebbe una delivery in 15 mesi, il secondo Cantiere garantirebbe una consegna in 6,5 mesi (8,5 mesi in meno).

Data questa differenza sui tempi di consegna, è stato possibile calcolare un DELTA PROFITTO che otterrebbe la Somat acquistando il rimorchiatore del Cantiere Damen piuttosto che il rimorchiatore del Cantiere Bogazici. Nonostante, infatti, ci si allontana di più dalla soluzione ideale, i costi sarebbero molto inferiori.

Oltre ad una differenza di costo pari a 465 000 €, in un anno si avrebbe un DELTA COSTO pari a circa 6 990 445 €, che, supponendo costante in ogni mese, sarebbe pari a 495 156 € in 8,5 mesi.

In modo analogo, in questi 8,5 mesi si potrebbe individuare un DELTA RICAVO, pari a 1 062 615 €.

Se si decidesse di acquistare un ASD 32 12 piuttosto che un BOGAZICI CND 32 12, la società avrebbe un risparmio di 465 000 €, più un DELTA RICAVO di 1 062 615 €, mentre il DELTA COSTO ammonterebbe a 495 156€.

Il DELTA PROFITTO sarebbe quindi pari a 465 000 € + 1 062 615 € - 495 156 €, ovvero 1032459 €.

Inoltre, questa differenza dalla Soluzione ideale, è data per lo più da Caratteristiche tecniche che hanno un VALORE MAGGIORE rispetto a quello della Soluzione ideale. L'incidenza è pari al 51,33% dell'ASD 32 12 (rispetto al 44,25% del BOGAZICI CND 32 80).

Mentre infatti, per quanto riguarda il BOGAZICI CND 32 80, le caratteristiche tecniche che hanno un valore migliore rispetto al valore individuato dalla SOLUZIONE IDEALE sono VELOCITÀ MASSIMA e CONSISTENZA DEGLI IMPIANTI AUSILIARI E GENSET, nel secondo caso queste sono VELOCITÀ MASSIMA, NOTAZIONI AGGIUNTIVE DI CLASSE, CASA DI PRODUZIONE DEI PROPULSORI, CANTIERE DI COSTRUZIONE e PROGETTISTA.

6.2. COSTI E RICAVI DI UN RIMORCHIATORE CHE SODDISFA I REQUISITI DELLA SOLUZIONE 13

La stessa analisi è stata eseguita per confrontare due delle proposte ricevute dalla Somat, che più si avvicinano alla SOLUZIONE IDEALE individuata dalla soglia $k=0,75$.

Sono stati analizzati due rimorchiatori: BOGAZICI CND 32 80 (nell'ipotesi in cui venga installato un impianto di climatizzazione doppio e impianto di riscaldamento centralizzato) e il BOGAZICI RASTAR 3200.

BOGAZICI CND 32 80 (CAT)

1. LUNGHEZZA FUORI TUTTO: 32
2. LARGHEZZA MASSIMA: 12,5 m
3. PESCAGGIO MASSIMO: 5,26 m
4. STAZZA: Massima, circa 499 tonnellate
5. BOLLARD PULL: 81,5 tonnellate
6. VELOCITÀ MASSIMA: 13 nodi
7. NUMERO DI NOTAZIONI DI CLASSE AGGIUNTIVE: 3
8. CAPACITÀ DEL SERBATOIO DI COMBUSTIBILE: 204,575 tonnellate
9. CAPACITÀ DEL SERBATOIO DI ACQUA POTABILE: 30 tonnellate
10. CASA DI PRODUZIONE DEL MOTORE PRINCIPALE: CAT
11. CONSISTENZA DEGLI IMPIANTI AUSILIARI E GENSET: 2 genset + generatore di porto
12. DISPONIBILITÀ DEI BOW THRUSTERS (se disponibili): NON DISPONIBILI
13. CASA DI PRODUZIONE DEI PROPULSORI: SHOTTEL
14. CASA DI PRODUZIONE DEGLI STRUMENTI DI NAVIGAZIONE E COMUNICAZIONE: FURUNO/JRC
15. CONSISTENZA DEGLI EQUIPAGGIAMENTI PER IL RIMORCHIO: Verricello di prua a doppio rullo, verricello di poppa a singolo rullo, gancio di poppa e towing pin
16. CANTIERE DI COSTRUZIONE: BOGAZICI
17. PROGETTISTA: CINTRANAVAL
18. CONSISTENZA DEGLI IMPIANTI DI CLIMATIZZAZIONE: Impianto di climatizzazione doppio e riscaldamento centralizzato.

BOGAZICI RASTAR 3200

1. LUNGHEZZA FUORI TUTTO: 32 m
2. LARGHEZZA MASSIMA: 12,8 m
3. PESCAGGIO MASSIMO: 5,8 m
4. STAZZA: <500 tonnellate
5. BOLLARD PULL: 83,5 tonnellate;
6. VELOCITÀ MASSIMA: 12,5 nodi;
7. NUMERO DI NOTAZIONI DI CLASSE AGGIUNTIVE: 3 (ESCORT, UNRESTRICTED, FIRE FIGHTING)
8. CAPACITÀ DEL SERBATOIO DI COMBUSTIBILE: 172,01 tonnellate
9. CAPACITÀ DEL SERBATOIO DI ACQUA POTABILE: 35 tonnellate
10. CASA DI PRODUZIONE DEL MOTORE PRINCIPALE: CAT

11. CONSISTENZA DEGLI IMPIANTI AUSILIARI E GENSET: 2 GENSET
12. DISPONIBILITÀ DEI BOW THRUSTERS (se disponibili): NON DISPONIBILI
13. CASA DI PRODUZIONE DEI PROPULSORI: SHOTTEL
14. CASA DI PRODUZIONE DEGLI STRUMENTI DI NAVIGAZIONE E COMUNICAZIONE: FURUNO
15. CONSISTENZA DEGLI EQUIPAGGIAMENTI PER IL RIMORCHIO: Verricello di prua a doppio rullo, verricello di poppa a singolo rullo
16. CANTIERE DI COSTRUZIONE: BOGAZICI
17. PROGETTISTA: ROBERT ALLAN
18. CONSISTENZA DEGLI IMPIANTI DI CLIMATIZZAZIONE: Impianto di climatizzazione doppio e riscaldamento centralizzato.

Si evince che, mentre per il primo, la somma delle importanze che rispettano la SOLUZIONE IDEALE è pari all'85,64%, nel secondo caso, questa è pari al 59,34%.

Quindi si può facilmente calcolare la somma delle importanze che non rispettano la SOLUZIONE IDEALE (pari al 14,36% nel primo caso e al 40,66% nel secondo).

Tra questi, si possono individuare quelle caratteristiche tecniche che hanno un VALORE MIGLIORE rispetto al VALORE individuato nella SOLUZIONE IDEALE.

Per il rimorchiatore BOGAZICI CND 32 80, queste sono: VELOCITÀ MASSIMA e CONSISTENZA DEGLI IMPIANTI AUSILIARI E GENSET; nel secondo caso queste invece sono: VELOCITÀ MASSIMA, CAPACITÀ DEL SERBATOIO DI ACQUA POTABILE, e PROGETTISTA. Nel primo caso quindi si ha un'incidenza delle caratteristiche tecniche migliori rispetto al valore della SOLUZIONE IDEALE, pari al 44,25%, mentre nel secondo caso l'incidenza è del 23,75%.

Per i rimorchiatori, il cantiere di costruzione garantisce una consegna in 15 mesi per il BOGAZICI CND 32 80 e di 16 mesi per il BOGAZICI RASTAR 3200. Circa il prezzo di quotazione, il primo rimorchiatore è quotato a 7 770 600 € mentre il secondo a 7 505 000 €.

Il DELTA PROFITTO è caratterizzato da un DELTA RICAPO è pari a 58 254 € (qualora si acquistasse il BOGAZICI RASTAR 3200, essendo la delivery posticipata di un mese, in quel mese si risparmierebbero i costi di gestione, costi del personale o dei consumi di oli). A questo DELTA RICAPO bisogna aggiungere anche il risparmio dato dall'acquisto del BOGAZICI RASTAR 3200 (pari a 265 600 €). Inoltre il DELTA COSTO è pari a 125 013 € (qualora si acquistasse un BOGAZICI RASTAR 3200, piuttosto che BOGAZICI CND 32 80, essendo la delivery posticipata di un mese, si perderebbe il guadagno per il servizio svolto).

Il DELTA PROFITTO ottenuto nel caso si acquistasse un BOGAZICI RASTAR 3200 piuttosto che un BOGAZICI CND 32 80, è quindi pari alla somma delle tre voci: $265\,600\text{ €} + 58\,254\text{ €} - 125\,013\text{ €} = 198\,840\text{ €}$.

6.3. CONFRONTO TRA LA SOLUZIONE 12 E LA SOLUZIONE 13

Dopo aver effettuato questo confronto rispettivamente per la soglia $k=0,66$ e per la soglia $k=0,75$, la scelta ricade sui due rimorchiatori ASD 32 12 e BOGAZICI RASTAR 3200.

Mentre il primo è il rimorchiatore che più si avvicina alla soglia $k=0,66$ (ovvero con l'impianto di climatizzazione più 'semplice'), il secondo è quello che più si avvicina alla soglia $k=0,75$.

Installare sul rimorchiatore un impianto di climatizzazione doppio però richiede un costo massimo di € 10000 (questo dato è stato richiesto ai tecnici della società). Come si può evincere, un costo di € 10000 è 'insignificante' rispetto al prezzo effettivo del rimorchiatore.

Da qui si conclude che la scelta ideale per la società è quella di acquisire un rimorchiatore ASD 32 12, ad un prezzo (quotato) di € 7 300 000, facendo installare solo successivamente un impianto di climatizzazione doppio, piuttosto che acquistare il secondo rimorchiatore ad un prezzo di € 7 505 000.

7. ANALISI DELL'INVESTIMENTO

Per analizzare l'investimento si è supposto di acquistare il rimorchiatore, chiedendo un finanziamento dalla banca del 55% del costo in se del bene.

La scelta è ricaduta su questa percentuale, analizzando degli acquisti precedenti. Dunque, sono stati presi come riferimento dei contratti di finanziamento che ha stipulato la società recentemente per l'acquisto di rimorchiatori adibiti alle stesse funzionalità.

L'analisi di convenienza del progetto è stata studiata mediante il calcolo del VAN. Questo metodo serve per scoprire se l'investimento possa convenire o meno alla società.

Per il calcolo del VAN è necessario calcolare prima i flussi di cassa che potrebbe produrre questo investimento.

A tal proposito sono stati presi come esempio dei contratti di noleggio sottoscritti dalla Somat, per i quali sono stati impiegati precedentemente dei rimorchiatori simili per la stessa tipologia di servizio di Arabia Saudita.

Nel 2020 è stato richiesto alla Somat un rimorchiatore che offrisse il servizio di assistenza alle navi cisterna adibite al trasporto di navi petrolifere per un periodo di 2 anni. Il noleggio di questo rimorchiatore permetterebbe alla Somat un ricavo di 5000 USD/giorno. Bisogna però considerare che, per il trasporto di questo rimorchiatore dall'Italia all'Arabia, la Somat avrebbe una componente aggiuntiva di costi di mobilitazione. Se da un lato la società turca remunera la Somat di \$ 85000, pari a € 74800, i costi che deve corrispondere la Somat sono i seguenti:

1. COSTO DEL PERSONALE
2. COSTO DEL TRASPORTO

Il costo del personale equivale al costo degli operai in quei giorni in cui avviene la tratta, mentre il secondo costo è dato dal costo del gasolio impiegato durante il trasporto.

Per calcolare il primo costo, sono stati presi come punto di riferimento dei PROSPETTI ANNUI, nei quali si indicano tutti i ricavi e i costi di un rimorchiatore per la stessa tipologia di servizio. È quindi stata calcolata una media per cui il COSTO DEL PERSONALE ammonta a € 370 000 all'anno. Inoltre, il trasporto del rimorchiatore dall'Italia all'Arabia impiegherebbe circa 10 giorni.

Si evince così che il COSTO DEL PERSONALE per questi 10 giorni è $\frac{370000 \cdot 10}{365} = 10\,137 \text{ €}$.

Supponendo che il costo del carburante sia pari invece a 700 USD/tonnellata, ovvero circa 620 €/tonnellata (utilizzando un tasso di cambio 0,88 €/USD), mentre il consumo di carburante giornaliero sia di 8 tonnellate, si conclude che il COSTO DEL TRASPORTO sia pari a = 700 USD/tonnellata * 0,88 €/USD * 8 tonnellate = 49 600 €.

Il COSTO TOTALE è pari a € 59 737.

Gli altri COSTI da considerare sono:

1. COSTO DEL PERSONALE
2. COSTO DELLA GESTIONE
3. COSTO DELL'ACQUISTO DI MATERIE PRIME

Come indicato prima, il primo costo ammonta a € 370 000 all'anno. Per calcolare i restanti due costi, sono sempre stati utilizzati come punto di riferimento, i precedenti prospetti annui di diversi rimorchiatori e sono state calcolate le relative medie. Il costo della gestione mediamente ammonta a € 280 000 mentre il costo dell'acquisto di materie prime (come gli oli, per esempio) ammonta a circa € 50 000 all'anno.

Sono state fatte le seguenti assunzioni:

1. Un tasso annuo di inflazione pari al 2%, che incide sia sui costi che sui ricavi del rimorchiatore.
2. I rimorchiatori iniziano a deteriorarsi con il passare degli anni, riducendo le proprie funzionalità. A causa delle relative manutenzioni, il COSTO DELLA GESTIONE ha una maggiorazione del 30% (sugli ultimi due esercizi precedenti) durante gli Audit effettuati ogni 5 anni per il Rinnovo del Certificato di classe.
3. A causa del deterioramento del rimorchiatore, dopo dieci anni, il ricavo dato dal noleggio si riduce del 30%.
4. È stato assunto inoltre che il rimorchiatore, dopo aver offerto il servizio di due anni a servizio delle navi petrolifere, possa essere riutilizzato per la stessa tipologia funzione e che quindi si possa rinnovare o stipulare la stessa tipologia di contratto
5. Per il calcolo dell'ammortamento, questo viene collegato alla vita utile del bene, ovvero consiste nella ripartizione del costo del bene durante il periodo in cui svolge le sue funzioni. Si suppone una vita utile pari a 25 anni.
6. Per calcolare la convenienza dell'acquisto del rimorchiatore, è stato calcolato il VAN su un periodo di 20 anni, supponendo di riuscire a venderlo alla fine.

7.1 INDEBITAMENTO DELLA SOMAT

Per quanto riguarda il pagamento del debito, si suppone che la società applichi un pagamento a rate posticipate, nel quale, per l'appunto, il pagamento delle rate avviene a fine periodo. Si suppone, inoltre, un ammortamento all'italiana con quote capitali costanti, secondo il quale si indica:

- n = numero di periodi previsti per l'ammortamento.

Il numero di periodi in questo caso è 20, in quanto il pagamento delle rate avviene due volte all'anno. Nel caso di un vecchio contratto di finanziamento, infatti, il pagamento avveniva il 31 gennaio e il 31 luglio di ogni anno.

Indicando con:

- $k = 1, 2, \dots, n$
- D = Capitale mutuato.

Il capitale mutuato D ammonta al 55% del costo totale del bene, ovvero € 4 020 500.

- $C_k = \frac{D}{n}$.

Questo valore indica la quota capitale, cioè $\frac{4\,020\,500}{20} = € 201\,020$. Dato che la quota capitale è una costante, tutti gli altri valori si possono scrivere in funzione di essa.

$$- D_k = D_{k-1} - C_k$$

Questo valore indica invece il debito a fine periodo. Esso coincide con la differenza tra il debito a inizio periodo e la quota capitale.

$$- I_k = D_{k-1} * i$$

Gli interessi vengono pagati ad un tasso capitale i costante per tutta la durata del mutuo. La quota degli interessi non dipende quindi dal periodo in cui ci si trova, ma solo dal valore del debito a inizio periodo.

$$- R_k = C_k + I_k.$$

La rata è data dalla somma tra quota capitale e quota di interessi.

| PERIODO | DEBITO INIZIALE (€) | QUOTA CAPITALE (€) | QUOTA INTERESSI (€) | RATA (€) | DEBITO FINALE (€) |
|---------|---------------------|--------------------|---------------------|----------|-------------------|
| 1 | 4020500 | 201025 | 40205 | 241230 | 3819475 |
| 2 | 3819475 | 201025 | 38195 | 239220 | 3618450 |
| 3 | 3618450 | 201025 | 36185 | 237210 | 3417425 |
| 4 | 3417425 | 201025 | 34174 | 235199 | 3216400 |
| 5 | 3216400 | 201025 | 32164 | 233189 | 3015375 |
| 6 | 3015375 | 201025 | 30154 | 231179 | 2814350 |
| 7 | 2814350 | 201025 | 28144 | 229169 | 2613325 |
| 8 | 2613325 | 201025 | 26133 | 227158 | 2412300 |
| 9 | 2412300 | 201025 | 24123 | 225148 | 2211275 |
| 10 | 2211275 | 201025 | 22113 | 223138 | 2010250 |
| 11 | 2010250 | 201025 | 20103 | 221128 | 1809225 |
| 12 | 1809225 | 201025 | 18092 | 219117 | 1608200 |
| 13 | 1608200 | 201025 | 16082 | 217107 | 1407175 |
| 14 | 1407175 | 201025 | 14072 | 215097 | 1206150 |
| 15 | 1206150 | 201025 | 12062 | 213087 | 1005125 |
| 16 | 1005125 | 201025 | 10051 | 211076 | 804100 |
| 17 | 804100 | 201025 | 8041 | 209066 | 603075 |
| 18 | 603075 | 201025 | 6031 | 207056 | 402050 |
| 19 | 402050 | 201025 | 4021 | 205046 | 201025 |
| 20 | 201025 | 201025 | 2010 | 203035 | 0 |

Tabella 7.1: Caratteristiche dell'indebitamento della Somat per l'acquisto del Rimorchiatore

Acquistando il rimorchiatore, facendosi finanziare il 55% del costo totale del bene, la società si indebita per € 7 310 000 x 0,55 = € 4 020 500.

Basandosi sempre su un vecchio contratto di finanziamento, si è supposto che la società estingua il debito in 10 anni e che il pagamento avvenga in 20 rate.

In seguito è stato supposto un tasso di interesse sul debito pari al 1,6% annuo.

7.2 RICAVI DELLA SOMAT

L'unica fonte di ricavo è data dal noleggio del rimorchiatore. Su 20 anni si sono trovati i seguenti valori:

| PERIODO | RICAVO DA NOLEGGIO (€) |
|---------|------------------------|
| 1 | 803000 |
| 2 | 803000 |
| 3 | 803000 |
| 4 | 803000 |
| 5 | 835441 |
| 6 | 835441 |
| 7 | 835441 |
| 8 | 835441 |
| 9 | 869193 |
| 10 | 869193 |
| 11 | 869193 |
| 12 | 869193 |
| 13 | 904308 |
| 14 | 904308 |
| 15 | 904308 |
| 16 | 904308 |
| 17 | 940842 |
| 18 | 940842 |
| 19 | 940842 |
| 20 | 940842 |
| 21 | 685197 |
| 22 | 685197 |
| 23 | 685197 |
| 24 | 685197 |
| 25 | 712879 |
| 26 | 712879 |
| 27 | 712879 |
| 28 | 712879 |
| 29 | 741679 |
| 30 | 741679 |
| 31 | 741679 |
| 32 | 741679 |
| 33 | 771643 |
| 34 | 771643 |
| 35 | 771643 |
| 36 | 771643 |
| 37 | 802817 |
| 38 | 802817 |
| 39 | 802817 |
| 40 | 802817 |

Tabella 7.2: Ricavi dati dal Contratto di noleggio

Come indicato precedentemente, il tasso annuo di inflazione si assume pari al 2%.

Ciò significa che, impiegando il rimorchiatore per un periodo di due anni, al termine di questo periodo, dato che esso verrà impiegato in un altro servizio di assistenza in Arabia, il noleggio produrrà sui ricavi un incremento percentuale del 2% annuo.

Per questo motivo, al quinto periodo, il valore sarà pari a: $€ 803\ 000 * (1 + 0,02)^2 = € 833\ 441$. Il calcolo sarà analogo per i periodi 9, 13 e 17.

Al periodo 21, invece, per il ragionamento fatto precedentemente circa la riduzione delle funzionalità del rimorchiatore, il ricavo si riduce del 30%, considerando un tasso di inflazione costante.

7.3 COSTI DELLA SOMAT

| PERIODO | COSTO DEI SERVIZI (€) | COSTO DEL PERSONALE (€) | COSTO DELL'ACQUISTO DI MATERIE PRIME (€) |
|---------|-----------------------|-------------------------|--|
| 1 | 140000 | 185000 | 25000 |
| 2 | 141393 | 186841 | 25249 |
| 3 | 142800 | 188700 | 25500 |
| 4 | 144221 | 190578 | 25754 |
| 5 | 145656 | 192474 | 26010 |
| 6 | 147105 | 194389 | 26269 |
| 7 | 148569 | 196323 | 26530 |
| 8 | 150047 | 198277 | 26794 |
| 9 | 151541 | 200250 | 27061 |
| 10 | 153048 | 202243 | 27330 |
| 11 | 245948 | 204255 | 27602 |
| 12 | 156109 | 206287 | 27877 |
| 13 | 157663 | 208340 | 28154 |
| 14 | 159232 | 210413 | 28434 |
| 15 | 160816 | 212507 | 28717 |
| 16 | 162416 | 214621 | 29003 |
| 17 | 164032 | 216757 | 29291 |
| 18 | 165665 | 218914 | 29583 |
| 19 | 167313 | 221092 | 29877 |
| 20 | 168978 | 223292 | 30175 |
| 21 | 271546 | 225514 | 30475 |
| 22 | 172357 | 227758 | 30778 |
| 23 | 174072 | 230024 | 31084 |
| 24 | 175805 | 232313 | 31394 |
| 25 | 177554 | 234625 | 31706 |
| 26 | 179321 | 236959 | 32022 |
| 27 | 181105 | 239317 | 32340 |
| 28 | 182907 | 241699 | 32662 |
| 29 | 184727 | 244104 | 32987 |
| 30 | 186565 | 246533 | 33315 |
| 31 | 299809 | 248986 | 33647 |
| 32 | 190296 | 251463 | 33982 |
| 33 | 192190 | 253965 | 34320 |
| 34 | 194102 | 256492 | 34661 |
| 35 | 196034 | 259045 | 35006 |
| 36 | 197984 | 261622 | 35354 |
| 37 | 199954 | 264226 | 35706 |
| 38 | 201944 | 266855 | 36061 |
| 39 | 203954 | 269510 | 36420 |
| 40 | 205983 | 272192 | 36783 |

Tabella 7.3: Analisi dei Costi prodotti da un rimorchiatore

Al primo periodo tutti i costi sono dati dalla media dei costi della medesima categoria dei prospetti del 2020 degli altri rimorchiatori impiegati nello stesso servizi e, come si evince dai grafici, il tasso di inflazione incide anche sui costi.

Per i Costi dei servizi, o costi di gestione, nei periodi 11, 21 e 31 si ha una maggiorazione dei costi del 30% rispetto ai due periodi precedenti. Dunque, oltre l'incidenza del 2% dell'inflazione, causa Audit per il rinnovo del Certificato di Classe, viene aggiunta la seguente componente: 30% (Costo Gestione_{t-2}+Costo di gestione_{t-1}).

Al periodo 11 per esempio il Costo di gestione sarà pari a $153\,048 \cdot (1+0,02)^{0,5} + 0,30 \cdot (151\,541+153\,048)$. Lo stesso calcolo viene applicato così ai periodi 21 e 31. Al periodo 12 la componente di costo sarà pari invece a $153\,048 \cdot (1+0,02)$.

Sugli altri due costi incide soltanto la componente dell'inflazione.

7.4 UTILE DI ESERCIZIO DELLA SOMAT

| PERIODO | VALORE AGGIUNTO | EBITDA | EBIT | UTILE ANTE IMPOSTE | UTILE DI ESERCIZIO |
|---------|-----------------|--------|--------|--------------------|--------------------|
| 1 | 653063 | 468063 | 321863 | 88674 | 51528 |
| 2 | 636358 | 449517 | 303317 | 71737 | 50216 |
| 3 | 634700 | 446000 | 299800 | 69827 | 48879 |
| 4 | 633025 | 442448 | 296248 | 67883 | 47518 |
| 5 | 663775 | 471301 | 325101 | 98345 | 68841 |
| 6 | 662067 | 467678 | 321478 | 96330 | 67431 |
| 7 | 660342 | 464018 | 317818 | 94279 | 65995 |
| 8 | 658600 | 460323 | 314123 | 92191 | 64534 |
| 9 | 690592 | 490342 | 344142 | 123818 | 86673 |
| 10 | 688815 | 486572 | 340372 | 121657 | 85160 |
| 11 | 595643 | 391388 | 245188 | 28081 | 19657 |
| 12 | 685207 | 478920 | 332720 | 117221 | 82055 |
| 13 | 718492 | 510152 | 363952 | 150061 | 105043 |
| 14 | 716643 | 506230 | 360030 | 147747 | 103423 |
| 15 | 714775 | 502268 | 356068 | 145394 | 101776 |
| 16 | 712889 | 498268 | 352068 | 143002 | 100101 |
| 17 | 747519 | 530762 | 384562 | 177104 | 123973 |
| 18 | 745595 | 526681 | 380481 | 174632 | 122242 |
| 19 | 743652 | 522560 | 376360 | 172119 | 120483 |
| 20 | 741690 | 518398 | 372198 | 169565 | 118695 |
| 21 | 383175 | 157661 | 11461 | 11461 | 8023 |
| 22 | 482061 | 254303 | 108103 | 108103 | 75672 |
| 23 | 480040 | 250016 | 103816 | 103816 | 72671 |
| 24 | 477999 | 245685 | 99485 | 99485 | 69640 |
| 25 | 503619 | 268994 | 122794 | 122794 | 85956 |
| 26 | 501537 | 264577 | 118377 | 118377 | 82864 |
| 27 | 499434 | 260116 | 113916 | 113916 | 79741 |
| 28 | 497310 | 255611 | 109411 | 109411 | 76588 |
| 29 | 523965 | 279861 | 133661 | 133661 | 93563 |
| 30 | 521799 | 275266 | 129066 | 129066 | 90346 |
| 31 | 408223 | 159237 | 13037 | 13037 | 9126 |
| 32 | 517401 | 265938 | 119738 | 119738 | 83817 |
| 33 | 545133 | 291168 | 144968 | 144968 | 101477 |
| 34 | 542879 | 286387 | 140187 | 140187 | 98131 |
| 35 | 540603 | 281558 | 135358 | 135358 | 94751 |
| 36 | 538304 | 276682 | 130482 | 130482 | 91337 |
| 37 | 567157 | 302931 | 156731 | 156731 | 109712 |
| 38 | 564812 | 297957 | 151757 | 151757 | 106230 |
| 39 | 562443 | 292933 | 146733 | 146733 | 102713 |
| 40 | 560052 | 287860 | 141660 | 141660 | 99162 |

Tabella 7.4: Utili di esercizio della Somat

Per quanto riguarda il Valore Aggiunto, si tratta della somma algebrica tra i ricavi e dei costi dei fattori acquistati all'esterno. È stato calcolato nel modo seguente:

VALORE AGGIUNTO = RICAVO DATO DAL NOLEGIO + RICAVO DATO DAL TRASPORTO – COSTI DEL TRASPORTO – COSTI DELLE MATERIE PRIME – COSTI DEI SERVIZI – COSTO ACQUISTO DEL RIMORCHIATORE

Dal periodo 1, dopo che il rimorchiatore viene trasportato dall'Italia all'Arabia, esso inizia a generare dei costi e dei ricavi. Il valore aggiunto si può trovare nel modo seguente:

VALORE AGGIUNTO = 803000 € + 74800 € - 59737 € - 25000 € - 140000 € = 653063 €

Dopo aver calcolato il VALORE AGGIUNTO, è possibile identificare il valore dell'EBITDA, anche rinominato MOL, cioè il MARGINE OPERATIVO LORDO, il quale può indicare la redditività dell'azienda, in funzione della gestione operativa. Si tratta anche degli utili prima degli interessi, delle imposte, del deprezzamento e degli ammortamenti.

Si calcola come semplice differenza tra il VALORE AGGIUNTO ed i COSTI DEL PERSONALE. Nel PERIODO 1, per esempio, questo sarà pari a 653 063 € - 185 000€ = 468 063 €.

In seguito, è possibile identificare il valore dell'EBIT, cioè il MON (Margine operativo netto). Si calcola come semplice differenza tra il MOL e gli ammortamenti. Si è ipotizzato di ammortizzare il rimorchiatore in un intervallo di tempo pari a 25 anni: dato che il valore dell'unità è pari a 7 310 000 €, si ammortizza di 292 400 € all'anno, ovvero 146 200 € al semestre. Questo nel PERIODO 1, quindi sarà pari a 468 063 € - 146 200 € = 321 863 €.

L'utile ante imposte è dato dalla differenza tra l'EBIT e la RATA pagata ogni semestre.

Supponendo delle imposte pari al 30%, l'utile di esercizio si calcola come: Utile ante imposte x 0,70.

7.5 FLUSSI DI CASSA DELLA SOMAT

| PERIODO | FLUSSI DI CASSA | FLUSSI DI CASSA ATTUALIZZATI |
|---------|-----------------|---------------------------------|
| 1 | 208272 | 204227 |
| 2 | 196416 | 188861 |
| 3 | 195079 | 183934 |
| 4 | 193718 | 179103 |
| 5 | 215042 | 194957 |
| 6 | 213631 | 189917 |
| 7 | 212195 | 184977 |
| 8 | 210734 | 180136 |
| 9 | 232873 | 195195 |
| 10 | 231360 | 190161 |
| 11 | 165857 | 133675 |
| 12 | 228255 | 180393 |
| 13 | 251243 | 194705 |
| 14 | 249623 | 189693 |
| 15 | 247976 | 184782 |
| 16 | 246301 | 179970 |
| 17 | 270173 | 193579 |
| 18 | 268442 | 188604 |
| 19 | 266683 | 183729 |
| 20 | 264895 | 178954 |
| 21 | 154223 | 102164 |
| 22 | 221872 | 144124 |
| 23 | 218871 | 139414 |
| 24 | 215840 | 134813 |
| 25 | 232156 | 142188 |
| 26 | 229064 | 137570 |
| 27 | 225941 | 133059 |
| 28 | 222788 | 128654 |
| 29 | 239763 | 135768 |
| 30 | 236546 | 131346 |
| 31 | 155326 | 84572 |
| 32 | 230017 | 122808 |
| 33 | 247677 | 129669 |
| 34 | 244331 | 125433 |
| 35 | 240951 | 121296 |
| 36 | 237537 | 117255 |
| 37 | 255912 | 123872 |
| 38 | 252430 | 119814 |
| 39 | 248913 | 115851 |
| 40 | 245362 | 111980 |

Tabella 7.5: Flussi di cassa della Somat

Per calcolare la convenienza o meno nel fare l'investimento, è necessario identificare dapprima il valore dei FLUSSI DI CASSA.

Il Flusso di cassa rappresenta la differenza in un dato periodo tra i flussi monetari in entrata ed i flussi monetari in uscita. Ci sono diverse formule per calcolare i valori dei FLUSSI DI CASSA; in questo caso è stata calcolata a partire dall'EBIT.

FLUSSI DI CASSA = EBIT + AMMORTAMENTI – IMPOSTE - RATA

Dopo aver determinato il valore dei flussi di cassa è possibile valutare il VAN (VALORE ATTUALE NETTO) che identifica la convenienza o meno nel fare l'investimento.

Il VAN è dato dalla somma dei tutti i flussi di cassa futuri scontati e si può calcolare come segue:

$$VAN = -I_0 + \sum_t \frac{FC(t)}{(i+r)^t}$$

Si calcola un VAN pari a 2 911 702 €, da qui si deduce che è conveniente per la società fare questo tipo di investimento, e quindi acquistare il rimorchiatore.

CONCLUSIONI

L'obiettivo di questo elaborato è stato quello di analizzare inizialmente la Casa della Qualità e dopo l'algoritmo Q-Bench, verificando quali fossero i suoi limiti ed i suoi vantaggi, durante la fase di progettazione di un rimorchiatore.

Mediante l'impiego dell'algoritmo è stato possibile individuare un Rimorchiatore, per la società Somat S.p.a., capace di surclassare altri rimorchiatori della concorrenza. Il confronto è stato possibile grazie all'analisi di altri 5 rimorchiatori: "Vastaso", appartenente alla società Rimorchiatori Laziali, "Elisabetta I" e "Ashdod" appartenenti a Rimorchiatori Riuniti, "Baia" che è proprietà della società Rimorchiatori Napoletani ed infine, "Luisa Neri" di Fratelli Neri.

Questo metodo però si basa sulle importanze individuate attraverso la Casa della Qualità.

La Casa della Qualità si compone di diverse sezioni: inizialmente devono essere definiti quali sono i Bisogni del cliente, tradotti in seguito in requisiti. Questo è stato possibile grazie a delle interviste ai clienti, con cui si mette in contatto la società durante l'acquisto di un rimorchiatore. Sono stati definiti 7 macro sezioni, suddivisi poi in un numero variabile di requisiti, per un totale di 27 elementi.

Studiando i requisiti dei clienti, è stato possibile definire le 18 caratteristiche tecniche correlate ad essi e che quindi impattano sui requisiti.

I pesi delle singole caratteristiche tecniche dipendono dalle importanze attribuite ad esse. Queste importanze sono date dal prodotto tra l'importanza relativa del singolo requisito e la correlazione tra caratteristiche tecniche e requisiti. Bisogna specificare però che può essere presente anche una correlazione tra le varie caratteristiche tecniche, inserita nel tetto della casa della qualità.

Sono stati individuati in seguito un "Valore minimo" ed un "Valore massimo", ovvero il range di valori che include il valore ideale per ogni caratteristica tecnica, e che soddisfa i bisogni della Somat e dei clienti, fuori da questo range, il valore non è più accettabile.

Una volta definiti i pesi delle singole caratteristiche tecniche, chi sono i competitors, ovvero i rimorchiatori di altre società che più si avvicinano ai bisogni del cliente, ed i valori superiori ed inferiori per ogni caratteristica tecnica, è stato possibile studiare l'algoritmo Q-Bench.

Questo Algoritmo è, quindi, sensibile sia ai pesi che derivano dalla Casa della Qualità, che dal valore "k" della soglia, utilizzato per effettuare il Test di Concordezza, all'interno del Metodo ELECTRE II. È stato possibile individuare la Soluzione ideale per entrambe le soglie.

Si deduce che, mediante l'algoritmo, dato che i pesi derivano esclusivamente da interviste fatte agli esperti nel settore, i dati ottenuti sono poco "precisi", anzi si tratta di valori "grossolani". Nonostante questa tipologia di valori è però stato possibile effettuare un confronto con altri rimorchiatori della concorrenza e quindi individuare un rimorchiatore ideale.

Nel caso in questione, la progettazione di un rimorchiatore con quelle caratteristiche tecniche specifiche richiede dei costi molto elevati ed è quindi necessario dedurre che si possano acquistare dei rimorchiatori con delle caratteristiche tecniche che abbiano dei valori che si avvicinano il più possibile ai valori individuati nella soluzione ideale.

Con le due soglie differenti è stato possibile individuare due rimorchiatori. L'unica caratteristica tecnica che genera una differenza tra le due soluzioni individuate è la EC 18, ovvero la CONSISTENZA DEGLI IMPIANTI DI CLIMATIZZAZIONE. Il costo di un rimorchiatore che abbia questa caratteristica tecnica più elevata rispetto alla soluzione precedente è tuttavia maggiore del costo dell'installazione di tale macchinario a bordo, una volta avvenuto l'acquisto. Quindi è più favorevole, per la società in questione, acquistare un rimorchiatore della soluzione con soglia minore e fare installare a bordo soltanto successivamente il macchinario adatto.

In conclusione, è stato possibile individuare un rimorchiatore ideale per la società e i costi ed i ricavi che la Somat potrebbe avere qualora acquistasse un rimorchiatore del genere. Ciò è stato possibile grazie all'utilizzo di vecchi "Prospetti", ovvero una classificazione nel corso dell'anno dei principali costi e ricavi che ottiene la società dall'utilizzo di un rimorchiatore di tale tipologia. Questa analisi dipende anche dalla tipologia di investimento che ottiene la società.

Tramite il calcolo del VAN positivo si è dedotto che per la società potrebbe essere conveniente fare un investimento del genere e, quindi, acquistare il rimorchiatore individuato grazie a questo Algoritmo.

BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA

- [1] Analisi multicriterio, sito web: <https://sites.unica.it/fitogen/analisi-multicriterio/>, data ultimo accesso: 11/03/2022
- [2] Electre II, sito web: <https://it.wikipedia.org/wiki/ELECTRE>, data ultimo accesso: 11/03/2022
- [3] Electre II, sito web: <http://corsiadistanza.polito.it/corsi/pdf/9356S/Surclassamento.pdf>, data ultimo accesso 11/03/2022
- [4] Metodi e modelli per il supporto alle decisioni, sito web: <http://corsiadistanza.polito.it/corsi/pdf/9356S/Surclassamento.pdf>, data ultimo accesso: 11/03/2022
- [5] Wasserman, G.S. (1993), *On how to prioritize design requirements during the QFD planning process*, IIE Trans, 1993
- [6] Franceschini F., *Advanced Quality Function Deployment*, Boca Raton, CRC Press, 1 edizione, 2001
- [7] Alberto Portioli Staudacher, Alessandro Brun e Cristina De Capitani, *Gestire la qualità dei prodotti e dei servizi*, Pitagora, 1 edizione, 2005
- [8] Algoritmo Q-Bench, sito web: <https://webthesis.biblio.polito.it/10578/1/tesi.pdf>, data ultimo accesso: 11/03/2022
- [9] Gruppo Cafimar, sito web: <https://www.cafimar.com/somat-ita>, data ultimo accesso: 11/03/2022
- [10] Mannella G, *Elementi di tecnica navale per gli istituti nautici e i naviganti*, edizioni A.RE.MURSIA, 1 edizione, 1976
- [11] Rimorchio portuale, sito web: <http://www.federimorchiatori.it/rimorchio-portuale/principali-aspetti>, data ultimo accesso: 11/03/2022
- [12] Rimorchio portuale, sito web: <https://www.assorimorchiatori.it/rimorchio-portuale/il-servizio-di-rimorchio-portuale>, data ultimo accesso: 11/03/2022
- [13] Rimorchio portuale, sito web: <https://www.assorimorchiatori.it/rimorchio-portuale/la-regolamentazione-dei-servizi-tecnico-nautici>, data ultimo accesso: 11/03/2022
- [14] Casa della Qualità, sito web: <https://www.pmi.it/impresa/business-e-project-management/articolo/2550/la-casa-della-qualita-house-of-quality.html>, data ultimo accesso: 12/03/2022
- [15] Cantiere Sanmar, sito web: <https://www.sanmar.com.tr/asd-tugboats/>, data ultimo accesso: 12/03/2022
- [16] Cantiere Bogazici: sito web: <http://bogazicishipyard.com/>, data ultimo accesso: 12/03/2022
- [17] Rimorchiatore Elisabetta I, sito web: <https://www.rimorchiatori.com/elisabetta/>, data ultimo accesso 12/03/2022
- [18] Rimorchiatore Vastaso, sito web: <http://www.naviecapitani.it/gallerie%20navi/rimorchiatori/schede%20navi/V/VA/Vastaso.htm>, data ultimo accesso 12/03/2022
- [19] Rimorchiatore Baia, sito web: <https://www.rimnap.com/index.php/scheda-baia/>, data ultimo accesso 12/03/2022

[20] Rimorchiatore Ashdod, sito web: <https://www.rimorchiatori.com/wp-content/uploads/2018/09/ASHDOD.pdf>, data ultimo accesso 12/03/2022

[21] Rimorchiatore Luisa Neri, sito web: <http://bogazicishipyard.com/product-category/tug-boats/bs-75-80-tbp-series/>, data ultimo accesso 12/03/2022

APPENDICE

| BISOGNI DEL CLIENTE | R | IMPORTANZA ASSOLUTA DEI BISOGNI | IMPORTANZA RELATIVA DEI BISOGNI | EC | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------|-----|---------------------------------|---------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | | | | EC1 | EC2 | EC3 | EC4 | EC5 | EC6 | EC7 | EC8 | EC9 | EC10 | EC11 | EC12 | EC13 | EC14 | EC15 | EC16 | EC17 | EC18 |
| Multifunzionalità | R1 | 5 | 0,05 | △ | △ | ● | ○ | ● | △ | | | | | | | ○ | | | △ | | |
| | R2 | 4 | 0,04 | ○ | ○ | △ | ● | ● | △ | △ | ● | ○ | | | | | ● | | △ | | |
| | R3 | 3 | 0,03 | △ | △ | | | | | △ | | | | | | | | | | | |
| | R4 | 4 | 0,04 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | R5 | 3 | 0,03 | | | | | | | | ○ | | | | | | | | | | |
| Sicurezza | R6 | 5 | 0,05 | | | | | | | | | | | | | | | △ | △ | | |
| | R7 | 4 | 0,04 | | | | | | | | | | | | | | | | ○ | | |
| | R8 | 4 | 0,04 | | | | | | | | | | | | | ○ | | | | | |
| | R9 | 4 | 0,04 | | | | | | | | | | | | | | | △ | △ | | |
| | R10 | 4 | 0,04 | | | | | | | | | | | | | | | △ | △ | | |
| | R11 | 3 | 0,03 | | | | | | | | | | | | | | | △ | △ | | |
| Stabilità | R12 | 5 | 0,05 | △ | △ | ○ | ○ | | | | | | | | | | | | | | |
| Manovrabilità | R13 | 5 | 0,05 | | | | | | | | | | | | | ● | | | | | |
| | R14 | 3 | 0,03 | | | | | | | | | | | | | ○ | | | | | |
| Area operativa | R15 | 5 | 0,05 | | △ | ○ | | | △ | ○ | ○ | ○ | | | | | | | | | |
| Qualità | R16 | 4 | 0,04 | | | | | | | | | | | | | | | | △ | | |
| | R17 | 4 | 0,04 | | | | | | | | | | | | | | | | △ | | |
| | R18 | 3 | 0,03 | | | | | | | | | | | | | | | | △ | | |
| | R19 | 3 | 0,03 | | | | | | | | | | | | | | | | △ | | |
| | R20 | 3 | 0,03 | | | | | | | | | | | | | | | | △ | | |
| Abitabilità | R21 | 3 | 0,03 | △ | △ | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | R22 | 3 | 0,03 | ○ | ○ | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | R23 | 2 | 0,02 | | | | | | | | | | | | | | | | ● | | |
| | R24 | 2 | 0,02 | | | | | | | | | | | | | | | | ○ | | |
| | R25 | 2 | 0,02 | ○ | ○ | | | | | | | | △ | | | | | | | | |
| | R26 | 2 | 0,02 | △ | △ | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | R27 | 1 | 0,01 | △ | △ | | | | | | | | | | | | | | | | |

Figura 1: Matrice delle Relazioni

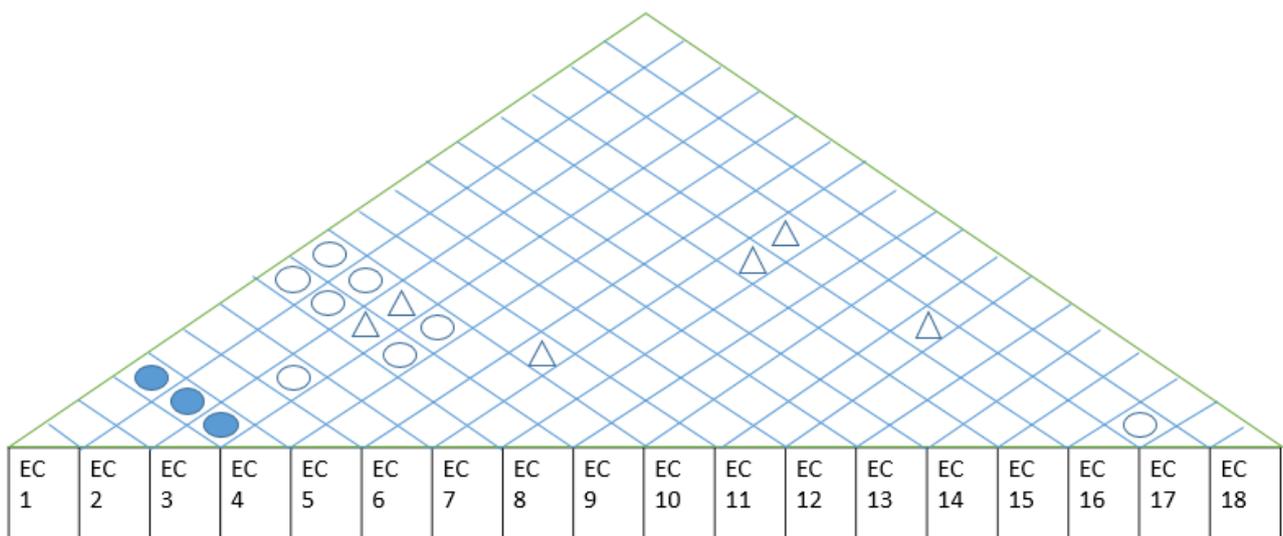


Figura 2: Tetto della Qualità

| | EC1 | EC2 | EC3 | EC4 | EC5 | EC6 | EC7 | EC8 | EC9 | EC10 | EC11 | EC12 | EC13 | EC14 | EC15 | EC16 | EC17 | EC18 |
|------------------|---------|---------|---------|-----|------|---------|-----|-------|------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| VALORE SUPERIORE | 32/32,5 | 12/12,5 | 5,2 | 499 | >=80 | 14/14,5 | 5 | >=200 | >30 | TIPO 3 | TIPO 3 | TIPO 2 | TIPO 2 | TIPO 2 | TIPO 3 | TIPO 3 | TIPO 3 | TIPO 2 |
| VALORE MEDIO | | | 4,8/5,6 | 475 | 75 | 13,2 | 4 | 150 | | TIPO 2 | TIPO 2 | TIPO 1 | | | TIPO 2 | TIPO 2 | TIPO 2 | |
| VALORE INFERIORE | 28/33,5 | 11/13 | 6/4,3 | 450 | 70 | 12 | 3 | 90 | <=30 | TIPO 1 | TIPO 1 | ND | TIPO 1 |

| IMPORTANZE RELATIVE | EC1 | EC2 | EC3 | EC4 | EC5 | EC6 | EC7 | EC8 | EC9 | EC10 | EC11 | EC12 | EC13 | EC14 | EC15 | EC16 | EC17 | EC18 |
|---------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 0,058 | 0,065 | 0,100 | 0,084 | 0,103 | 0,018 | 0,043 | 0,065 | 0,037 | 0,046 | 0,046 | 0,011 | 0,076 | 0,027 | 0,080 | 0,042 | 0,042 | 0,057 |

Figura 3: Tabella dei diversi Valori delle Caratteristiche tecniche e dei Competitors

| CONFRONTO | EC1 | EC2 | EC3 | EC4 | EC5 | EC6 | EC7 | EC8 | EC9 | EC10 | EC11 | EC12 | EC13 | EC14 | EC15 | EC16 | EC17 | EC18 |
|-----------|-------|-------|------|-----|-------|------|-----|--------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|------------------|--------|--------|------------------|
| a1 | 32,5 | 10,8 | 5,6 | 449 | 76,88 | 13,5 | 4 | 210 | 109,2 | TIPO 2 | TIPO 2 | TIPO 1 | TIPO 1 | TIPO 2 | TIPO 2 | TIPO 1 | TIPO 1 | TIPO 2 |
| a2 | 32,5 | 11,7 | 6 | 466 | 70 | 12 | 5 | 263,03 | 25,5 | TIPO 1 | TIPO 2 | ND | TIPO 2 | TIPO 2 | TIPO 3 | TIPO 1 | TIPO 1 | TIPO 2 |
| a3 | 28,2 | 12,6 | 5,46 | 458 | 82,43 | 13,5 | 5 | 92,518 | 13,5 | TIPO 1 | TIPO 1 | ND | TIPO 1 | TIPO 1 | TIPO 2-<K<TIPO 3 | TIPO 3 | TIPO 3 | TIPO 1 |
| a4 | 30,25 | 13 | 6,7 | 462 | 73,05 | 13,5 | 3 | 136,11 | 20 | TIPO 1 | TIPO 2 | ND | TIPO 1 | TIPO 1 | TIPO 1-<K<TIPO 2 | TIPO 3 | TIPO 3 | TIPO 1 |
| a5 | 32,7 | 12,82 | 5,51 | 450 | 80,8 | 14,3 | 4 | 118,4 | 15,2 | TIPO 1 | TIPO 1 | ND | TIPO 1 | TIPO 1 | TIPO 2 | TIPO 2 | TIPO 2 | TIPO 1-<K<TIPO 2 |

| IMPORTANZE RELATIVE | 0,058 | 0,065 | 0,100 | 0,084 | 0,103 | 0,018 | 0,043 | 0,065 | 0,037 | 0,046 | 0,046 | 0,011 | 0,076 | 0,027 | 0,080 | 0,042 | 0,042 | 0,057 |
|---------------------|---------|-------|-------------------------------|-------|---------------------------|-------|-------|-------|-------|--------|-----------|-------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| SOLUZIONE 1 | 28/33,5 | 11/13 | 6/4,3 | 450 | >=80 | 12 | 3 | 90 | <=30 | TIPO 1 | TIPO 1 | ND | TIPO 1 |
| CONFRONTO: | w1 | w2 | w3 | w4 | w5 | w6 | w7 | w8 | w9 | w10 | w11 | w12 | w13 | w14 | w15 | w16 | w17 | w18 |
| a,a1 | < | = | < | = | > | < | < | < | < | < | < | < | = | < | < | = | = | < |
| a,a2 | < | < | = | < | > | = | < | < | = | = | < | = | < | < | < | = | = | < |
| a,a3 | = | < | < | < | = | < | < | = | = | = | = | = | = | = | < | = | = | = |
| a,a4 | < | < | = | < | > | < | = | < | = | = | < | = | = | = | < | < | < | = |
| a,a5 | < | < | < | = | < | < | < | < | = | = | = | = | = | < | < | < | < | < |
| | J+ | | J- | | J= | | | W+ | W- | W= | CONTROLLO | W(+)+W(=)/W | W+ /W- | aSa' | | | | |
| a,a1 | 5 | | 1,3,6,7,8,9,10,11,12,14,15,18 | | 2,4,13,16,17 | | | 0,103 | 0,588 | 0,309 | | 1 | 0,412 | 0,175 | NO | | | |
| a,a2 | 5 | | 1,2,4,7,8,11,13,14,15,18 | | 3,6,9,10,12,16,17 | | | 0,103 | 0,601 | 0,296 | | 1 | 0,399 | 0,171 | NO | | | |
| a,a3 | | | 2,3,4,6,7,15,16,17 | | 1,5,8,9,10,11,12,13,14,18 | | | | | 0,474 | 0,526 | | 1 | 0,526 | NO | | | |
| a,a4 | 5 | | 1,2,4,6,8,11,15,16,17 | | 3,7,9,10,12,13,14,18 | | | 0,103 | 0,499 | 0,398 | | 1 | 0,501 | 0,206 | NO | | | |
| a,a5 | | | 1,2,3,6,7,8,15,16,17,18 | | 4,5,9,10,11,12,13,14 | | | | | 0,571 | 0,429 | | 1 | 0,429 | NO | | | |

Figura 4: Tabella della Prima soluzione dell'Algoritmo Q-Bench

| SOLUZIONE 2 | 28/33,5 | 11/13 | 4,8/5,6 | 450 | >=80 | 12 | 3 | 90 | <=30 | TIPO 1 | TIPO 1 | ND | TIPO 1 |
|-------------|---------|-------|-----------------------------|-----|---------------------------|----|----|-------|-------|--------|-----------|-------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| CONFRONTO: | w1 | w2 | w3 | w4 | w5 | w6 | w7 | w8 | w9 | w10 | w11 | w12 | w13 | w14 | w15 | w16 | w17 | w18 |
| a,a1 | < | = | > | < | < | < | < | < | < | < | < | < | = | < | < | = | = | < |
| a,a2 | < | < | > | < | > | = | < | < | = | = | < | = | < | < | < | = | = | < |
| a,a3 | = | < | > | < | = | < | < | = | = | = | = | = | = | = | < | < | < | = |
| a,a4 | < | < | > | < | > | < | = | < | = | = | < | = | = | = | < | < | < | = |
| a,a5 | < | < | > | = | < | < | < | < | = | = | = | = | = | = | < | < | < | < |
| | J+ | | J- | | J= | | | W+ | W- | W= | CONTROLLO | W(+)+W(=)/W | W+ /W- | aSa' | | | | |
| a,a1 | 5 | | 1,6,7,8,9,10,11,12,14,15,18 | | 2,3,4,13,16,17 | | | 0,103 | 0,488 | 0,409 | | 1 | 0,512 | 0,211 | NO | | | |
| a,a2 | 3,5 | | 1,2,4,7,8,11,13,14,15,18 | | 6,9,10,12,16,17 | | | 0,203 | 0,601 | 0,196 | | 1 | 0,399 | 0,338 | NO | | | |
| a,a3 | | | 2,3,4,6,7,15,16,17 | | 1,5,8,9,10,11,12,13,14,18 | | | | | 0,474 | 0,526 | | 1 | 0,526 | NO | | | |
| a,a4 | 3,5 | | 1,2,4,6,8,11,15,16,17 | | 7,9,10,12,13,14,18 | | | 0,203 | 0,499 | 0,297 | | 1 | 0,501 | 0,407 | NO | | | |
| a,a5 | | | 1,2,3,6,7,8,15,16,17,18 | | 4,5,9,10,11,12,13,14 | | | | | 0,571 | 0,429 | | 1 | 0,429 | NO | | | |

Figura 5: Tabella della Seconda soluzione dell'Algoritmo Q-Bench

| SOLUZIONE 3 | 28/33,5 | 11/13 | 5,2 | 450 | >=80 | 12 | 3 | 90 | <=30 | TIPO 1 | TIPO 1 | ND | TIPO 1 |
|-------------|---------|-------|-----------------------------|-----|---------------------------|----|----|-------|-------|--------|-----------|-------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| CONFRONTO: | w1 | w2 | w3 | w4 | w5 | w6 | w7 | w8 | w9 | w10 | w11 | w12 | w13 | w14 | w15 | w16 | w17 | w18 |
| a,a1 | < | = | > | = | > | < | < | < | < | < | < | < | = | < | < | = | = | < |
| a,a2 | < | < | > | < | > | = | < | < | = | = | < | = | < | < | < | = | = | < |
| a,a3 | = | < | > | < | = | < | < | = | = | = | = | = | = | = | < | < | < | = |
| a,a4 | < | < | > | < | > | < | = | < | = | = | < | = | = | = | < | < | < | = |
| a,a5 | < | < | > | = | < | < | < | < | = | = | = | = | = | = | < | < | < | < |
| | J+ | | J- | | J= | | | W+ | W- | W= | CONTROLLO | W(+)+W(=)/W | W+ /W- | aSa' | | | | |
| a,a1 | 3,5 | | 1,6,7,8,9,10,11,12,14,15,18 | | 2,4,13,16,17 | | | 0,203 | 0,488 | 0,309 | | 1 | 0,512 | 0,417 | NO | | | |
| a,a2 | 3,5 | | 1,2,4,7,8,11,13,14,15,18 | | 6,9,10,12,16,17 | | | 0,203 | 0,601 | 0,196 | | 1 | 0,399 | 0,338 | NO | | | |
| a,a3 | 3 | | 2,4,6,7,15,16,17 | | 1,5,8,9,10,11,12,13,14,18 | | | 0,100 | 0,374 | 0,526 | | 1 | 0,626 | 0,269 | NO | | | |
| a,a4 | 3,5 | | 1,2,4,6,8,11,15,16,17 | | 7,9,10,12,13,14,18 | | | 0,203 | 0,499 | 0,297 | | 1 | 0,501 | 0,407 | NO | | | |
| a,a5 | 3 | | 1,2,6,7,8,15,16,17,18 | | 4,5,9,10,11,12,13,14 | | | 0,100 | 0,470 | 0,429 | | 1 | 0,530 | 0,214 | NO | | | |

Figura 6: Tabella della Terza soluzione dell'Algoritmo Q-Bench

| SOLUZIONE 4 | 28/33,5 | 11/13 | 5,2 | 475 | >=80 | 12 | 3 | 90 | <=30 | TIPO 1 | TIPO 1 | ND | TIPO 1 | TIPO 1 | TIPO 1 | TIPO 1 | TIPO 1 | TIPO 1 |
|-------------|---------|-------|-----------------------------|-----|---------------------------|----|----|----|------|--------|--------|-------|-----------|-------------|--------|--------|--------|--------|
| CONFRONTO: | w1 | w2 | w3 | w4 | w5 | w6 | w7 | w8 | w9 | w10 | w11 | w12 | w13 | w14 | w15 | w16 | w17 | w18 |
| a,a1 | < | < | > | > | > | < | < | < | < | < | < | < | < | < | < | = | = | < |
| a,a2 | < | < | > | > | > | = | < | < | = | = | = | = | < | < | < | = | = | < |
| a,a3 | = | < | > | > | = | < | < | = | = | = | = | = | = | < | < | < | < | = |
| a,a4 | < | < | > | > | > | < | < | = | = | = | = | = | = | = | < | < | < | = |
| a,a5 | < | < | > | > | = | < | < | = | = | = | = | = | = | = | < | < | < | = |
| | J+ | | J- | | J= | | | | | W+ | W- | W= | CONTROLLO | W(+)+W(=)/W | W+ /W- | aSa' | | |
| a,a1 | 3,4,5 | | 1,6,7,8,9,10,11,12,14,15,18 | | 2,13,16,17 | | | | | 0,287 | 0,488 | 0,225 | 1 | 0,512 | 0,589 | NO | | |
| a,a2 | 3,4,5 | | 1,2,7,8,11,13,14,15,18 | | 6,9,10,12,16,17 | | | | | 0,287 | 0,517 | 0,196 | 1 | 0,483 | 0,555 | NO | | |
| a,a3 | 3,4 | | 2,6,7,15,16,17 | | 1,5,8,9,10,11,12,13,14,18 | | | | | 0,184 | 0,290 | 0,526 | 1 | 0,710 | 0,636 | NO | | |
| a,a4 | 3,4,5 | | 1,2,6,8,11,15,16,17 | | 7,9,10,12,13,14,18 | | | | | 0,287 | 0,416 | 0,297 | 1 | 0,584 | 0,691 | NO | | |
| a,a5 | 3,4 | | 1,2,6,7,8,15,16,17,18 | | 5,9,10,11,12,13,14 | | | | | 0,184 | 0,470 | 0,346 | 1 | 0,530 | 0,392 | NO | | |

Figura 7: Tabella della Quarta soluzione dell'Algoritmo Q-Bench

| SOLUZIONE 5 | 28/33,5 | 11/13 | 5,2 | 499 | >=80 | 12 | 3 | 90 | <=30 | TIPO 1 | TIPO 1 | ND | TIPO 1 | TIPO 1 | TIPO 1 | TIPO 1 | TIPO 1 | TIPO 1 |
|-------------|---------|-------|-----------------------------|-----|---------------------------|----|----|----|------|--------|--------|-------|-----------|-------------|--------|--------|--------|--------|
| CONFRONTO: | w1 | w2 | w3 | w4 | w5 | w6 | w7 | w8 | w9 | w10 | w11 | w12 | w13 | w14 | w15 | w16 | w17 | w18 |
| a,a1 | < | < | > | > | > | < | < | < | < | < | < | < | < | < | < | = | = | < |
| a,a2 | < | < | > | > | > | = | < | < | = | = | = | = | < | < | < | = | = | < |
| a,a3 | = | < | > | > | = | < | < | = | = | = | = | = | = | < | < | < | < | = |
| a,a4 | < | < | > | > | > | < | < | = | = | = | = | = | = | = | < | < | < | = |
| a,a5 | < | < | > | > | = | < | < | = | = | = | = | = | = | = | < | < | < | = |
| | J+ | | J- | | J= | | | | | W+ | W- | W= | CONTROLLO | W(+)+W(=)/W | W+ /W- | aSa' | | |
| a,a1 | 3,4,5 | | 1,6,7,8,9,10,11,12,14,15,18 | | 2,13,16,17 | | | | | 0,287 | 0,488 | 0,225 | 1 | 0,512 | 0,589 | NO | | |
| a,a2 | 3,4,5 | | 1,2,7,8,11,13,14,15,18 | | 6,9,10,12,16,17 | | | | | 0,287 | 0,517 | 0,196 | 1 | 0,483 | 0,555 | NO | | |
| a,a3 | 3,4 | | 2,6,7,15,16,17 | | 1,5,8,9,10,11,12,13,14,18 | | | | | 0,184 | 0,290 | 0,526 | 1 | 0,710 | 0,636 | NO | | |
| a,a4 | 3,4,5 | | 1,2,6,8,11,15,16,17 | | 7,9,10,12,13,14,18 | | | | | 0,287 | 0,416 | 0,297 | 1 | 0,584 | 0,691 | NO | | |
| a,a5 | 3,4 | | 1,2,6,7,8,15,16,17,18 | | 5,9,10,11,12,13,14 | | | | | 0,184 | 0,470 | 0,346 | 1 | 0,530 | 0,392 | NO | | |

Figura 8: Tabella della Quinta soluzione dell'Algoritmo Q-Bench

| SOLUZIONE 6 | 28/33,5 | 11/13 | 5,2 | 499 | >=80 | 12 | 3 | 90 | <=30 | TIPO 1 | TIPO 1 | ND | TIPO 1 | TIPO 1 | TIPO 2 | TIPO 1 | TIPO 1 | TIPO 1 |
|-------------|----------|-------|--------------------------|-----|---------------------------|----|----|----|------|--------|--------|-------|-----------|-------------|--------|--------|--------|--------|
| CONFRONTO: | w1 | w2 | w3 | w4 | w5 | w6 | w7 | w8 | w9 | w10 | w11 | w12 | w13 | w14 | w15 | w16 | w17 | w18 |
| a,a1 | < | = | > | > | > | < | < | < | < | < | < | < | = | < | = | = | = | < |
| a,a2 | < | < | > | > | > | = | < | < | = | = | = | = | < | < | < | = | = | < |
| a,a3 | = | < | > | > | = | < | < | = | = | = | = | = | = | = | < | < | < | = |
| a,a4 | < | < | > | > | > | < | < | = | = | = | = | = | = | = | > | < | < | = |
| a,a5 | < | < | > | > | = | < | < | = | = | = | = | = | = | = | = | < | < | < |
| | J+ | | J- | | J= | | | | | W+ | W- | W= | CONTROLLO | W(+)+W(=)/W | W+ /W- | aSa' | | |
| a,a1 | 3,4,5 | | 1,6,7,8,9,10,11,12,14,18 | | 2,13,15,16,17 | | | | | 0,287 | 0,408 | 0,305 | 1 | 0,592 | 0,704 | NO | | |
| a,a2 | 3,4,5 | | 1,2,7,8,11,13,14,15,18 | | 6,9,10,12,16,17 | | | | | 0,287 | 0,517 | 0,196 | 1 | 0,483 | 0,555 | NO | | |
| a,a3 | 3,4 | | 2,6,7,15,16,17 | | 1,5,8,9,10,11,12,13,14,18 | | | | | 0,184 | 0,290 | 0,526 | 1 | 0,710 | 0,636 | NO | | |
| a,a4 | 3,4,5,15 | | 1,2,6,8,11,16,17 | | 7,9,10,12,13,14,18 | | | | | 0,367 | 0,335 | 0,297 | 1 | 0,665 | 1,095 | SI | | |
| a,a5 | 3,4 | | 1,2,6,7,8,16,17,18 | | 5,9,10,11,12,13,14,15 | | | | | 0,184 | 0,390 | 0,426 | 1 | 0,610 | 0,472 | NO | | |

Figura 9: Tabella della Sesta soluzione dell'Algoritmo Q-Bench

| SOLUZIONE 7 | 28/33,5 | 11/13 | 5,2 | 499 | >=80 | 12 | 3 | 90 | <=30 | TIPO 1 | TIPO 1 | ND | TIPO 1 | TIPO 1 | TIPO 3 | TIPO 1 | TIPO 1 | TIPO 1 |
|-------------|----------|-------|--------------------------|-----|---------------------------|----|----|----|------|--------|--------|-------|-----------|-------------|--------|--------|--------|--------|
| CONFRONTO: | w1 | w2 | w3 | w4 | w5 | w6 | w7 | w8 | w9 | w10 | w11 | w12 | w13 | w14 | w15 | w16 | w17 | w18 |
| a,a1 | < | = | > | > | > | < | < | < | < | < | < | < | = | < | > | = | = | < |
| a,a2 | < | < | > | > | > | = | < | < | = | = | = | = | < | < | < | = | = | < |
| a,a3 | = | < | > | > | = | < | < | = | = | = | = | = | = | = | > | < | < | = |
| a,a4 | < | < | > | > | > | < | < | = | = | = | = | = | = | = | > | < | < | = |
| a,a5 | < | < | > | > | = | < | < | = | = | = | = | = | = | = | = | < | < | < |
| | J+ | | J- | | J= | | | | | W+ | W- | W= | CONTROLLO | W(+)+W(=)/W | W+ /W- | aSa' | | |
| a,a1 | 3,4,5,15 | | 1,6,7,8,9,10,11,12,14,18 | | 2,13,16,17 | | | | | 0,367 | 0,408 | 0,225 | 1 | 0,592 | 0,900 | NO | | |
| a,a2 | 3,4,5 | | 1,2,7,8,11,13,14,18 | | 6,9,10,12,15,16,17 | | | | | 0,287 | 0,437 | 0,276 | 1 | 0,563 | 0,657 | NO | | |
| a,a3 | 3,4,15 | | 2,6,7,16,17 | | 1,5,8,9,10,11,12,13,14,18 | | | | | 0,264 | 0,210 | 0,526 | 1 | 0,790 | 1,261 | SI | | |
| a,a4 | 3,4,5,15 | | 1,2,6,8,11,16,17 | | 7,9,10,12,13,14,18 | | | | | 0,367 | 0,335 | 0,297 | 1 | 0,665 | 1,095 | SI | | |
| a,a5 | 3,4,15 | | 1,2,6,7,8,16,17,18 | | 5,9,10,11,12,13,14 | | | | | 0,264 | 0,390 | 0,346 | 1 | 0,610 | 0,678 | NO | | |

Figura 10: Tabella della Settima soluzione dell'Algoritmo Q-Bench

| SOLUZIONE 8 | 28/33,5 | 11/13 | 5,2 | 499 | >=80 | 12 | 3 | 90 | <=30 | TIPO 1 | TIPO 1 | ND | TIPO 2 | TIPO 1 | TIPO 3 | TIPO 1 | TIPO 1 | TIPO 1 |
|-------------|-------------|-------|--------------------------|-----|------------------------|----|----|----|------|--------|--------|-------|-----------|-------------|--------|--------|--------|--------|
| CONFRONTO: | w1 | w2 | w3 | w4 | w5 | w6 | w7 | w8 | w9 | w10 | w11 | w12 | w13 | w14 | w15 | w16 | w17 | w18 |
| a,a1 | < | = | > | > | > | < | < | < | < | < | < | < | > | < | > | = | = | < |
| a,a2 | < | < | > | > | > | = | < | < | = | = | = | = | = | < | = | = | = | < |
| a,a3 | = | < | > | > | = | < | < | = | = | = | = | = | = | = | > | < | < | = |
| a,a4 | < | < | > | > | > | < | < | = | = | = | = | = | = | = | > | < | < | = |
| a,a5 | < | < | > | > | = | < | < | = | = | = | = | = | = | = | > | < | < | = |
| | J+ | | J- | | J= | | | | | W+ | W- | W= | CONTROLLO | W(+)+W(=)/W | W+ /W- | aSa' | | |
| a,a1 | 3,4,5,13,15 | | 1,6,7,8,9,10,11,12,14,18 | | 2,16,17 | | | | | 0,443 | 0,408 | 0,149 | 1 | 0,592 | 1,087 | NO | | |
| a,a2 | 3,4,5 | | 1,2,7,8,11,14,18 | | 6,9,10,12,13,15,16,17 | | | | | 0,287 | 0,361 | 0,352 | 1 | 0,639 | 0,796 | NO | | |
| a,a3 | 3,4,13,15 | | 2,6,7,16,17 | | 1,5,8,9,10,11,12,14,18 | | | | | 0,341 | 0,210 | 0,450 | 1 | 0,790 | 1,624 | SI | | |
| a,a4 | 3,4,5,13,15 | | 1,2,6,8,11,16,17 | | 7,9,10,12,14,18 | | | | | 0,443 | 0,335 | 0,221 | 1 | 0,665 | 1,322 | SI | | |
| a,a5 | 3,4,13,15 | | 1,2,6,7,8,16,17,18 | | 5,9,10,11,12,14 | | | | | 0,341 | 0,390 | 0,269 | 1 | 0,610 | 0,873 | NO | | |

Figura 11: Tabella della Ottava soluzione dell'Algoritmo Q-Bench

| SOLUZIONE 9 | 28/33,5 | 11/13 | 5,2 | 499 | >=80 | 12 | 3 | 150 | <=30 | TIPO 1 | TIPO 1 | ND | TIPO 2 | TIPO 1 | TIPO 3 | TIPO 1 | TIPO 1 | TIPO 1 |
|-------------|---------------|-------|--------------------------|-----|-----------------------|----|----|-----|------|--------|--------|-------|--------|--------|-----------|-------------|--------|--------|
| CONFRONTO: | w1 | w2 | w3 | w4 | w5 | w6 | w7 | w8 | w9 | w10 | w11 | w12 | w13 | w14 | w15 | w16 | w17 | w18 |
| a,a1 | < | > | > | > | < | < | < | < | < | < | < | < | > | < | > | = | = | < |
| a,a2 | < | < | > | > | = | < | < | = | = | = | = | = | = | < | = | = | = | < |
| a,a3 | = | < | > | > | = | < | < | > | = | = | = | = | > | = | > | < | < | = |
| a,a4 | < | < | > | > | < | = | < | = | = | = | = | = | > | = | > | < | < | = |
| a,a5 | < | < | > | > | = | < | < | > | = | = | = | = | > | = | > | < | < | = |
| | J+ | | J- | | J= | | | | | | | W+ | W- | W= | CONTROLLO | W(+)+W(-)/W | W+ /W- | aSa' |
| a,a1 | 3,4,5,13,15 | | 1,6,7,8,9,10,11,12,14,18 | | 2,16,17 | | | | | | | 0,443 | 0,408 | 0,149 | 1 | 0,592 | 1,087 | NO |
| a,a2 | 3,4,5 | | 1,2,7,8,11,14,18 | | 6,9,10,12,13,15,16,17 | | | | | | | 0,287 | 0,361 | 0,352 | 1 | 0,639 | 0,796 | NO |
| a,a3 | 3,4,8,13,15 | | 2,6,7,16,17 | | 1,5,9,10,11,12,14,18 | | | | | | | 0,405 | 0,210 | 0,385 | 1 | 0,790 | 1,933 | SI |
| a,a4 | 3,4,5,8,13,15 | | 1,2,6,11,16,17 | | 7,9,10,12,14,18 | | | | | | | 0,508 | 0,271 | 0,221 | 1 | 0,729 | 1,878 | SI |
| a,a5 | 3,4,8,13,15 | | 1,2,6,7,16,17,18 | | 5,9,10,11,12,14 | | | | | | | 0,405 | 0,325 | 0,269 | 1 | 0,675 | 1,246 | SI |

Figura 12: Tabella della Nona soluzione dell'Algoritmo Q-Bench

| SOLUZIONE 10 | 28/33,5 | 11/13 | 5,2 | 499 | >=80 | 12 | 3 | >=200 | <=30 | TIPO 1 | TIPO 1 | ND | TIPO 2 | TIPO 1 | TIPO 3 | TIPO 1 | TIPO 1 | TIPO 1 |
|--------------|---------------|-------|------------------------|-----|-------------------------|----|----|-------|------|--------|--------|-------|--------|--------|-----------|-------------|--------|--------|
| CONFRONTO: | w1 | w2 | w3 | w4 | w5 | w6 | w7 | w8 | w9 | w10 | w11 | w12 | w13 | w14 | w15 | w16 | w17 | w18 |
| a,a1 | < | = | > | > | > | < | < | = | < | < | < | < | > | < | > | = | = | < |
| a,a2 | < | < | > | > | > | = | < | = | = | = | = | = | = | < | = | = | = | < |
| a,a3 | = | < | > | > | = | < | < | > | = | = | = | = | > | = | > | < | < | = |
| a,a4 | < | < | > | > | > | = | < | = | = | = | = | = | > | = | > | < | < | = |
| a,a5 | < | < | > | > | = | < | < | > | = | = | = | = | > | = | > | < | < | = |
| | J+ | | J- | | J= | | | | | | | W+ | W- | W= | CONTROLLO | W(+)+W(-)/W | W+ /W- | aSa' |
| a,a1 | 3,4,5,13,15 | | 1,6,7,9,10,11,12,14,18 | | 2,8,16,17 | | | | | | | 0,443 | 0,343 | 0,213 | 1 | 0,657 | 1,293 | NO |
| a,a2 | 3,4,5 | | 1,2,7,11,14,18 | | 6,8,9,10,12,13,15,16,17 | | | | | | | 0,287 | 0,296 | 0,417 | 1 | 0,704 | 0,970 | NO |
| a,a3 | 3,4,8,13,15 | | 2,6,7,16,17 | | 1,5,9,10,11,12,14,18 | | | | | | | 0,405 | 0,210 | 0,385 | 1 | 0,790 | 1,933 | SI |
| a,a4 | 3,4,5,8,13,15 | | 1,2,6,11,16,17 | | 7,9,10,12,14,18 | | | | | | | 0,508 | 0,271 | 0,221 | 1 | 0,729 | 1,878 | SI |
| a,a5 | 3,4,8,13,15 | | 1,2,6,7,16,17,18 | | 5,9,10,11,12,14 | | | | | | | 0,405 | 0,325 | 0,269 | 1 | 0,675 | 1,246 | SI |

Figura 13: Tabella della Decima soluzione dell'Algoritmo Q-Bench

| SOLUZIONE 11 | 28/33,5 | 12/12,5 | 5,2 | 499 | >=80 | 12 | 3 | >=200 | <=30 | TIPO 1 | TIPO 1 | ND | TIPO 2 | TIPO 1 | TIPO 3 | TIPO 1 | TIPO 1 | TIPO 1 |
|--------------|-----------------|---------|------------------------|-----|-------------------------|----|----|-------|------|--------|--------|-------|--------|--------|-----------|-------------|--------|--------|
| CONFRONTO: | w1 | w2 | w3 | w4 | w5 | w6 | w7 | w8 | w9 | w10 | w11 | w12 | w13 | w14 | w15 | w16 | w17 | w18 |
| a,a1 | < | > | > | > | > | < | < | = | < | < | < | < | > | < | > | = | = | < |
| a,a2 | < | > | > | > | > | = | < | = | = | = | = | = | = | < | = | = | = | < |
| a,a3 | = | = | > | > | = | < | < | > | = | = | = | = | > | = | > | < | < | = |
| a,a4 | < | > | > | > | > | = | < | = | = | = | = | = | > | = | > | < | < | = |
| a,a5 | < | > | > | > | = | < | < | > | = | = | = | = | > | = | > | < | < | = |
| | J+ | | J- | | J= | | | | | | | W+ | W- | W= | CONTROLLO | W(+)+W(-)/W | W+ /W- | aSa' |
| a,a1 | 2,3,4,5,13,15 | | 1,6,7,9,10,11,12,14,18 | | 8,16,17 | | | | | | | 0,508 | 0,343 | 0,149 | 1 | 0,657 | 1,481 | NO |
| a,a2 | 2,3,4,5 | | 1,7,11,14,18 | | 6,8,9,10,12,13,15,16,17 | | | | | | | 0,352 | 0,231 | 0,417 | 1 | 0,769 | 1,522 | SI |
| a,a3 | 3,4,8,13,15 | | 6,7,16,17 | | 1,2,5,9,10,11,12,14,18 | | | | | | | 0,405 | 0,145 | 0,450 | 1 | 0,855 | 2,798 | SI |
| a,a4 | 2,3,4,5,8,13,15 | | 1,6,11,16,17 | | 7,9,10,12,14,18 | | | | | | | 0,573 | 0,206 | 0,221 | 1 | 0,794 | 2,784 | SI |
| a,a5 | 2,3,4,8,13,15 | | 1,6,7,16,17,18 | | 5,9,10,11,12,14 | | | | | | | 0,470 | 0,260 | 0,269 | 1 | 0,740 | 1,805 | SI |

Figura 14: Tabella della Undicesima soluzione dell'Algoritmo Q-Bench

| SOLUZIONE 12 | 32/32,5 | 12/12,5 | 5,2 | 499 | >=80 | 12 | 3 | >=200 | <=30 | TIPO 1 | TIPO 1 | ND | TIPO 2 | TIPO 1 | TIPO 3 | TIPO 1 | TIPO 1 | TIPO 1 |
|--------------|-------------------|---------|----------------------|-----|---------------------------|----|----|-------|------|--------|--------|-------|--------|--------|-----------|-------------|--------|--------|
| CONFRONTO: | w1 | w2 | w3 | w4 | w5 | w6 | w7 | w8 | w9 | w10 | w11 | w12 | w13 | w14 | w15 | w16 | w17 | w18 |
| a,a1 | = | > | > | > | > | < | < | = | < | < | < | < | > | < | > | = | = | < |
| a,a2 | = | > | > | > | > | = | < | = | = | = | = | = | = | < | = | = | = | < |
| a,a3 | > | = | > | > | = | < | < | > | = | = | = | = | > | = | > | < | < | = |
| a,a4 | > | > | > | > | > | = | < | = | = | = | = | = | > | = | > | < | < | = |
| a,a5 | > | > | > | > | = | < | < | > | = | = | = | = | > | = | > | < | < | = |
| | J+ | | J- | | J= | | | | | | | W+ | W- | W= | CONTROLLO | W(+)+W(-)/W | W+ /W- | aSa' |
| a,a1 | 2,3,4,5,13,15 | | 6,7,9,10,11,12,14,18 | | 1,8,16,17 | | | | | | | 0,508 | 0,285 | 0,207 | 1 | 0,715 | 1,786 | SI |
| a,a2 | 2,3,4,5 | | 7,11,14,18 | | 1,6,8,9,10,12,13,15,16,17 | | | | | | | 0,352 | 0,173 | 0,475 | 1 | 0,827 | 2,037 | SI |
| a,a3 | 1,3,4,8,13,15 | | 6,7,16,17 | | 2,5,9,10,11,12,14,18 | | | | | | | 0,464 | 0,145 | 0,391 | 1 | 0,855 | 3,202 | SI |
| a,a4 | 1,2,3,4,5,8,13,15 | | 6,11,16,17 | | 7,9,10,12,14,18 | | | | | | | 0,632 | 0,147 | 0,221 | 1 | 0,853 | 4,284 | SI |
| a,a5 | 1,2,3,4,8,13,15 | | 6,7,16,17,18 | | 5,9,10,11,12,14 | | | | | | | 0,529 | 0,202 | 0,269 | 1 | 0,798 | 2,616 | SI |

Figura 15: Tabella della Dodicesima soluzione dell'Algoritmo Q-Bench

| SOLUZIONE 13 | 32/32,5 | 12/12,5 | 5,2 | 499 | >=80 | 12 | 3 | >=200 | <=30 | TIPO 1 | TIPO 1 | ND | TIPO 2 | TIPO 1 | TIPO 3 | TIPO 1 | TIPO 1 | TIPO 2 |
|--------------|----------------------|---------|-------------------|-----|------------------------------|----|----|-------|------|--------|--------|-------|--------|--------|-----------|-------------|--------|--------|
| CONFRONTO: | w1 | w2 | w3 | w4 | w5 | w6 | w7 | w8 | w9 | w10 | w11 | w12 | w13 | w14 | w15 | w16 | w17 | w18 |
| a,a1 | = | > | > | > | > | < | < | = | < | < | < | < | > | < | > | = | = | = |
| a,a2 | = | > | > | > | > | = | < | = | = | = | = | = | = | < | = | = | = | = |
| a,a3 | > | = | > | > | = | < | < | > | = | = | = | = | > | = | > | < | < | > |
| a,a4 | > | > | > | > | > | = | < | = | = | = | = | = | > | = | > | < | < | > |
| a,a5 | > | > | > | > | = | < | < | > | = | = | = | = | > | = | > | < | < | > |
| | J+ | | J- | | J= | | | | | | | W+ | W- | W= | CONTROLLO | W(+)+W(-)/W | W+ /W- | aSa' |
| a,a1 | 2,3,4,5,13,15 | | 6,7,9,10,11,12,14 | | 1,8,16,17,18 | | | | | | | 0,508 | 0,227 | 0,264 | 1 | 0,773 | 2,235 | SI |
| a,a2 | 2,3,4,5 | | 7,11,14 | | 1,6,8,9,10,12,13,15,16,17,18 | | | | | | | 0,352 | 0,116 | 0,532 | 1 | 0,884 | 3,044 | SI |
| a,a3 | 1,3,4,8,13,15,18 | | 6,7,16,17 | | 2,5,9,10,11,12,14 | | | | | | | 0,521 | 0,145 | 0,334 | 1 | 0,855 | 3,596 | SI |
| a,a4 | 1,2,3,4,5,8,13,15,18 | | 6,11,16,17 | | 7,9,10,12,14 | | | | | | | 0,689 | 0,147 | 0,164 | 1 | 0,853 | 4,672 | SI |
| a,a5 | 1,2,3,4,8,13,15,18 | | 6,7,16,17 | | 5,9,10,11,12,14 | | | | | | | 0,586 | 0,145 | 0,269 | 1 | 0,855 | 4,044 | SI |

Figura 16: Tabella della Tredicesima soluzione dell'Algoritmo Q-Bench

RINGRAZIAMENTI

Voglio dedicare queste ultime pagine della mia tesi a chi, in un modo o nell'altro, mi è stato accanto in questo (LUNGO) percorso di Laurea.

In primis, vorrei ringraziare il mio relatore, il professor Maurizio Galetto. Durante questi mesi mi ha sempre fornito i consigli necessari per completare al meglio il mio lavoro di tesi, è sempre riuscito a darmi un supporto durante tutta la durata di questo percorso. Un ringraziamento speciale per la sua costante disponibilità, per la sua preparazione e per i suoi modi sempre cordiali.

In secondo luogo vorrei ringraziare il mio tutor aziendale e tutta la società Somat (Soprattutto Peppe, Danilo e Alessandro!) per avermi dato l'opportunità di intraprendere un tirocinio da loro, anche se per poco tempo, e per avermi dato un grande supporto durante la stesura di questo elaborato.

Grazie ai miei genitori e a mia sorella, siete il mio unico punto di riferimento.

Grazie ai miei genitori, senza i quali non sarei di certo qui a scrivere queste pagine. Grazie per supportarmi sempre, o forse dovrei dire per sopportarmi? Grazie per tutto l'amore che mi date, quando cercate di calmarmi nei miei momenti NO. Grazie perché non mi avete MAI fatto mancare nulla. Grazie per avermi portata fin qui, affiancandomi sempre in ogni mia scelta. So di avere un brutto carattere ma forse le parti brutte le ho prese tutte da voi! Grazie perché mi avete sempre motivata a dare il massimo, a non mollare mai. Mi avete insegnato tutto, mi avete insegnato che non bisogna mai arrendersi, che non bisogna mai fermarsi davanti ad un ostacolo, che per quanto possa essere difficile, questo si può superare. Grazie per non avermi mai lasciata sola in nessun momento, specialmente negli anni più difficili.

Grazie papà perché tutto questo lo devo a te. Grazie per avermi SOPPORTATA durante questa tesi, per avermi dato sempre i giusti consigli, nello studio ma soprattutto nella vita reale. Grazie perché cerchi sempre di aiutarmi, anche se certe volte non mi senti, o forse dovrei dire che non mi ascolti?

Grazie mamma, con le tue urla mi sproni sempre a dare di più, anche se a volte sei un po' dura. In quei momenti magari mi abbatti un pochino, ma adesso, alla fine del mio percorso, penso che se non ho mai mollato è stato anche grazie a tutto questo. Non ve lo dico mai, ma vi voglio bene, e se sono qui è solo grazie a voi.

Grazie alla mia piccola sorellina. Grazie perché ci sei sempre per me, non mi lasci mai sola, sei sempre dalla mia parte e riesci a darmi sempre i giusti consigli, più o meno... GRAZIE perché non immaginerei MAI la mia vita senza di te, perché mi sopporti. Mi ami più di quanto possa amarmi qualsiasi altra persona al mondo e te ne sono grata. Sappi che non ti lascerò mai sola e che starò sempre dalla tua parte. Grazie perché tu sai sempre tutto, sai come aiutarmi, come trattarmi, come consolarmi, sai tutto di me. Sappi che ho sempre bisogno di te, del tuo parere, dei tuoi consigli, dei tuoi abbracci. Sei la persona più importante per me.

Grazie ai miei nonni e a mio zio. Nonostante purtroppo non siate riusciti ad essere qui con me oggi, so che siete con me in ogni mia scelta, sappiate che non vedo l'ora di festeggiare anche con voi.

Zio, spero che riuscirai a venirmi a trovare, per girare tutta Torino.

Grazie nonna Antonietta, grazie di tutto. Grazie per la tua dolcezza, per le tue parole, per le tue coccole, grazie perché riesci sempre a consolarmi. Tu capisci sempre quando sono giù, quando sto un po' male, ma riesci sempre a farmi sorridere, hai sempre le giuste parole per me. Anche se sono cresciuta, so che ho sempre bisogno di te, di sedermi a tavola sempre vicino a te, nello stesso posto da 24 anni. Ho bisogno delle tue domande, dei tuoi abbracci, delle tue carezze, di parlare sempre con te. Tu lo sai quanto sei importante per me. Grazie per tutto ciò che fai, che cucini, soprattutto quanto torniamo giù a casa, so che sei la mia cuoca preferita.

Grazie al mio piccolo micino bianco, sei entrato nella mia vita da poco tempo ma so che non mi immagino più le mie giornate senza le tue monellerie. Dai più amore tu di quanto possano altre persone.

Grazie anche alla sua padrona CHIARACO! Grazie per la tua gentilezza, per i tuoi modi di fare, per la tua sincerità e per la tua bontà, per tutte le volte in cui mi hai asciugato le lacrime e per tutti gli abbracci che mi hai dato soprattutto in questo ultimo periodo, so che ne avevo tanto, ma tanto bisogno. Grazie perché mi sopporti sempre, perché mi vedi nelle condizioni peggiori e non ti spaventi nemmeno. Grazie per non essere ancora scappata da casa nonostante i miei scleri. Lo so, sono pazza a volte, ma so che non puoi vivere più senza di me e che sono la tua coinquilina preferita, come biasimarti..... So che sei tanto speciale per me.

Grazie a tutti i miei amici. Grazie per esserci sempre per me, per essere stati con me durante tutto questo percorso.

Grazie ai miei amici di Trapani, grazie a chi è riuscito ad essere qui in questo giorno, ma grazie anche a chi non è potuto esserci. So che non è facile, per studio o per lavoro. Ma grazie. Grazie a Teresa che ha preferito me, ovviamente! Grazie Fabrizio, Ciccio e Giulia (x2), per essere qui con me, chi oggi, chi domani. Grazie Veronica, anche se oggi non sei riuscita ad essere qui, ti devo ringraziare per tutti questi anni passati insieme, per essere sempre vera e sincera con me, sei la persona più buona del mondo, ti voglio davvero tanto bene.

Grazie ai miei amici di Torino, a chi c'è dal primo anno di università e ai gestionali.

Grazie alle mie girls, Francesca, Maria Rosaria, Stefania, Ilaria, Giulia e Cecilia, siete davvero tanto importanti per me. Grazie per tutti questi anni passati insieme. Grazie per i vostri consigli, so di poter contare su di voi, di potermi fidare sempre di voi. Grazie per i pomeriggi in palestra, passati ad allenarci, ad intrigarci dei fatti degli altri, grazie per supportarmi sempre, grazie per essere sempre dalla mia parte! Grazie per le nostre lunghe chiacchierate, per essere sempre sincere e vere con me. Grazie per le serate passate insieme, a divertirci, a non pensare a niente e nessuno che potesse darci fastidio. Grazie per essere qui da 5 anni, nonostante tutto non è mai cambiato nulla.

Ma un ringraziamento speciale va soprattutto ai miei fratelli, Marco e Michele. Vi devo dire grazie per tutto. Ci siete sempre stati durante tutto il mio percorso e se adesso sono qui è anche grazie a voi. Ogni tanto ripenso ai nostri pomeriggi passati insieme a studiare, a prepararci per gli esami. Qualcuno che voleva vedere qualche video motivazionale, qualcun altro che pensava ad allenarsi davanti allo specchio. Tutto questo la sera prima dell'esame. A volte litighiamo per il nulla, ma, nonostante tutto, si ritorna amici come prima. Grazie per le nostre lunghe risate, non sapete quanto siete importanti per me, spero di essere stata in questi anni tutto ciò che siete stati voi per me.

Grazie amici, sappiate che se qui sto così bene è soltanto grazie a voi, non mi avete mai fatto pesare la distanza da casa, non mi avete mai dato modo di sentirmi sola, non mi avete mai lasciata sola, in qualsiasi occasione. A volte se penso al futuro, penso che avrei paura di perdervi, paura del cambiamento, paura che tutto ciò che abbiamo fatto in questi anni di università non si potrà ripetere. E magari sarà così, lo so. Ma spero che questo giorno sia ancora tanto lontano.