

PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO PER LA  
PRODUZIONE DI ENERGIA MEDIANTE LO SFRUTTAMENTO DEL VENTO  
NEL MARE ADRIATICO MERIDIONALE - BARIUM BAY  
74 WTG – 1.110 MW

**PROGETTO DEFINITIVO - SIA**

Progettazione e SIA



Indagini ambientali e studi specialistici



Studio misure di mitigazione e compensazione



supervisione scientifica



**SIA.ES STUDI SPECIALISTICI**

**ES.4.1 Valutazione dell'impatto sulle condizioni di navigazione**

REV.	DATA	DESCRIZIONE





# Barium Bay S.r.l.

## Parco Eolico Offshore Barium Bay

### Relazione di valutazione del rischio legato alla navigazione

Doc. No. P00333373-1-H1 Rev.1 - Ottobre 2022

Rev.	Descrizione	Preparato da	Controllato da	Approvato da	Data
1	Seconda Emission	M. Pontiggia	L. Gaggero	M. Pontiggia	28/10/2022
0	Prima Emissione	M. Galmozzi	M. Pontiggia	M. Pontiggia	28/10/2022

Tutti i diritti, traduzione inclusa, sono riservati. Nessuna parte di questo documento può essere divulgata a terzi, per scopi diversi da quelli originali, senza il permesso scritto di RINA Consulting S.p.A.

## INDICE

	Pag.
<b>LISTA DELLE TABELLE</b>	<b>2</b>
<b>LISTA DELLE FIGURE</b>	<b>2</b>
<b>ABBREVIAZIONI E ACRONIMI</b>	<b>3</b>
<b>1 PREMESSA</b>	<b>4</b>
1.1 INQUADRAMENTO DEL PROGETTO	4
<b>2 METODOLOGIA</b>	<b>5</b>
2.1 IDENTIFICAZIONE DEGLI SCENARI DI INTERAZIONE	5
2.2 ANALISI DEL TRAFFICO MARITTIMO	5
2.3 CALCOLO DELLE FREQUENZE DI INTERAZIONE	6
2.3.1 Interazione con strutture al di sopra della superficie marina	6
2.3.2 Interazione con strutture sottomarine	10
<b>3 ASSUNZIONI E IPOTESI ALLA BASE DEI RISULTATI</b>	<b>14</b>
3.1 AEROGENERATORI O SOTTOSTAZIONI	14
3.2 CAVIDOTTI	14
<b>4 RISULTATI</b>	<b>16</b>
4.1.1 Distribuzione rotte in assenza del parco eolico	16
4.1.2 Identificazione dei corridoi di traffico in presenza dei parco eolici	21
4.2 FREQUENZA DI INTERAZIONE	23
4.2.1 Aerogeneratori e sottostazioni	23
4.2.2 Selezione dei corridoi di traffico critici	23
4.2.3 Cavidotti	27
4.3 MISURE MITIGATIVE	31
4.3.1 Aerogeneratori e sottostazioni	31
4.3.2 Cavidotti	31
<b>REFERENZE</b>	<b>32</b>

## LISTA DELLE TABELLE

Tabella 2-1:	Frequenza di affondamento divisa per classe GRT	10
Tabella 2-2:	Caratteristiche ancore	12
Tabella 4-1:	Stazza delle navi e corrispondente classe GRT assegnata	17
Tabella 4-2:	Colori identificativi usati per tracciare le rotte appartenenti alle diverse classi GRT	17
Tabella 4-3:	Caratteristiche e distribuzione dei corridoi di traffico	24
Tabella 4-4:	Frequenza di interazione complessiva calcolata per ciascun aerogeneratore	27
Tabella 4-5:	Frequenza di interazione con cavidotti per ciascun contributo legato al traffico marittimo, caratterizzato per KP di cavidotto	28

## LISTA DELLE FIGURE

Figura 1-1:	Inquadramento generale del progetto	4
Figura 2-1:	Passi della routine automatica per l'elaborazione	6
Figura 2-2:	Distribuzione normale della posizione delle rotte all'interno del corridoio di traffico	8
Figura 2-3:	Probabilità di entrare in rotta di collisione con il target	9
Figura 4-1:	Identificazione dell'area di interesse	16
Figura 4-2:	Traffico marittimo 2021 – GRT 1	18
Figura 4-3:	Traffico marittimo 2021 – GRT 2	18
Figura 4-4:	Traffico marittimo 2021 – GRT 3	19
Figura 4-5:	Traffico marittimo 2021 – GRT 4	19
Figura 4-6:	Traffico marittimo 2021 – GRT 5	20
Figura 4-7:	Traffico marittimo 2021 – GRT 6	20
Figura 4-8:	Corridoi di traffico 1 (viola), 2 (rosso)– Mappa di densità classe GRT 5	21
Figura 4-9:	Corridoi di traffico 3 (azzurro), 4 (viola), 5 (arancione) e 6 (rosso)– Mappa di densità classe GRT 5 (sinistra) e classe GRT 6 (destra)	22
Figura 4-10:	Corridoi di traffico 7 (rosso), 8 (azzurro), 9 (arancione) e 10 (viola)– Mappa di densità classe GRT 5 (sinistra) e classe GRT 4 (destra)	22
Figura 4-11:	Corridoi di traffico 11 (rosso), 12 (viola), 13 (arancione), 14 (azzurro) e 15 (grigio) – Mappa di densità classe GRT 5 (sinistra) e classe GRT 3 (destra)	23
Figura 4-12:	Denominazione aerogeneratori e sottostazioni	23
Figura 4-13:	Frequenza interazione con cavidotti per ciascun contributo legato al traffico marittimo, caratterizzato per KP di cavidotto	29
Figura 4-14:	Frequenza interazione con cavidotti per imbarcazioni adibite alla pesca a strascico, caratterizzato per KP di cavidotto	30

## ABBREVIAZIONI E ACRONIMI

<b>AIS</b>	Automatic Identification System
<b>CSV</b>	Comma Separated Value
<b>GIS</b>	Geographic Information System
<b>GRT</b>	Gross Registered Tonnage
<b>TEU</b>	Twenty-foot Equivalent Unit
<b>VTS</b>	Vessel Traffic Service
<b>KP</b>	Progressive Kilometer
<b>LDC</b>	Linea di controllo

## 1 PREMESSA

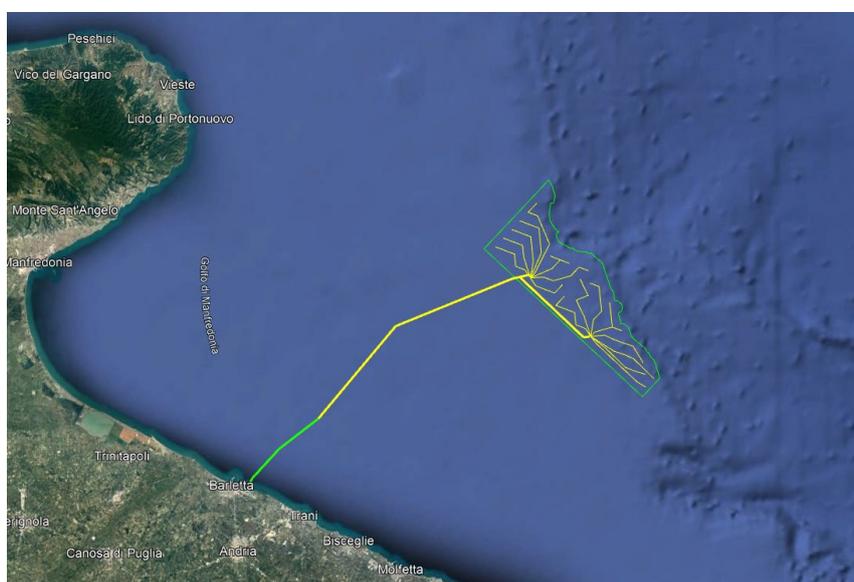
La presente relazione è stata redatta al fine di illustrare il rischio legato alla navigazione per il parco eolico offshore di Barium bay in termini di:

- ✓ Frequenza di interazione tra aerogeneratori / sottostazione e traffico marittimo (navi di passaggio)
- ✓ Frequenza di interazione tra navi in affondamento, ancoraggi e oggetti in caduta e il cavidotto posato sul fondale marino

### 1.1 INQUADRAMENTO DEL PROGETTO

L'area individuata per l'installazione del parco eolico Barium bay è ubicata nel Mar adriatico, nello specchio di acqua e Nord di Bari a distanze comprese tra i 40 km (aerogeneratori più prossimi alla costa) e i 50 km (aerogeneratori più a largo) rispetto al punto di approdo nel comune di Bari.

Il parco eolico è composto da 74 aerogeneratori e due sottostazioni elettriche.



**Figura 1-1: Inquadramento generale del progetto**

## 2 METODOLOGIA

### 2.1 IDENTIFICAZIONE DEGLI SCENARI DI INTERAZIONE

Nella presente analisi sono stati analizzati tipici scenari incidentali dovuti all'interazione che il traffico marittimo può avere con le strutture sottomarine (cavidotti) e a quelle sulla superficie del mare (aerogeneratori e sottostazioni).

Gli eventi incidentali che possono comportare un danno per le strutture sulla superficie del mare sono urti di vario tipo che possono essere causati da:

- ✓ navi passanti nella zona dell'installazione (passing vessel)
  - Distribuite casualmente
  - Distribuite per corridoi
- ✓ navi operanti nella zona dell'installazione (non considerate nella presente relazione)

Gli eventi che possono danneggiare le strutture sottomarine sono:

- ✓ Impatto dovuto ad affondamento di navi;
- ✓ Impatto causato da caduta di oggetti trasportati da navi mercantili (container);
- ✓ Interazione con ancore in caso di ancoraggio di emergenza e/o condizioni atmosferiche avverse (considerando urto diretto e trascinamento);
- ✓ Interazione con attrezzature da pesca.

### 2.2 ANALISI DEL TRAFFICO MARITTIMO

Il traffico marittimo nella zona di interesse è ottenuto dai dati AIS. L' AIS (Automatic Identification System) è un sistema automatico di tracciamento utilizzato dalle navi e dai servizi VTS (Vessel Tracking Services) per l'identificazione e la rilevazione della posizione delle navi basato sul continuo scambio di informazioni tra navi vicine e tra navi e basi AIS (sia terrestri che satellitari). Le informazioni scambiate dai sistemi AIS comprendono l'identificazione univoca della nave, la sua posizione, rotta, velocità, direzione e tipo di imbarcazione.

Per l'analisi in oggetto verranno acquisiti i dati AIS relativi all'ultimo anno solare.

I dati sono forniti in tabelle in formato CSV (Comma Separated Value); ciascuna riga del database AIS fornisce i dati di una nave al momento della registrazione e trasmissione ad altri sistemi AIS.

Il database AIS fornisce una descrizione puntuale delle posizioni successive occupate da ciascuna nave all'interno dell'area di interesse e per il periodo di tempo selezionato; lo scopo dell'elaborazione dei dati è l'identificazione delle rotte delle navi registrate dal sistema AIS sulla base delle posizioni successive fornite dal database.

I campioni di dati che vengono acquistati contengono 100.000÷2.000.000 registrazioni, rendendo quindi necessario l'utilizzo di routine automatica per l'elaborazione della mole di informazioni disponibili. Tale routine svolge, in maniera automatica e continua, i seguenti passaggi (riportati nel diagramma di flusso in Figura 2-1):

1. lettura e interpretazione del database in formato CSV (Comma Separated Value); i dati vengono letti e filtrati per rimuovere navi all'ancora o in secca. Questo filtro permette di ridurre il numero di registrazioni da analizzare, alleggerendo i tempi di calcolo, senza impattare sulla risoluzione ottenuta nella definizione delle rotte di traffico marittimo;
2. riordino del database in ordine cronologico crescente (dalla registrazione più vecchia alla registrazione più nuova);
3. riordino del database per identificazione univoca della nave;
4. selezione delle prime due registrazioni nel database: se le due registrazioni descrivono posizioni successive della stessa nave e la distanza temporale tra le due registrazioni è sufficientemente piccola, viene calcolata e memorizzata la rotta come segmento di retta che congiunge le due posizioni successive. La distanza temporale massima è definita pari a 10 ore; oltre a tale intervallo, le registrazioni vengono interpretate come appartenenti a due rotte separate della stessa nave;
5. il segmento di rotta viene memorizzato per elaborazioni successive e per la rappresentazione grafica delle rotte marittime;

6. la routine seleziona la registrazione successiva e procede con l'applicazione degli step 4, 5 e 6 fino alla fine del database.

La Figura 2-1 riporta il diagramma di flusso completo che descrive la procedura di elaborazione dei dati AIS.

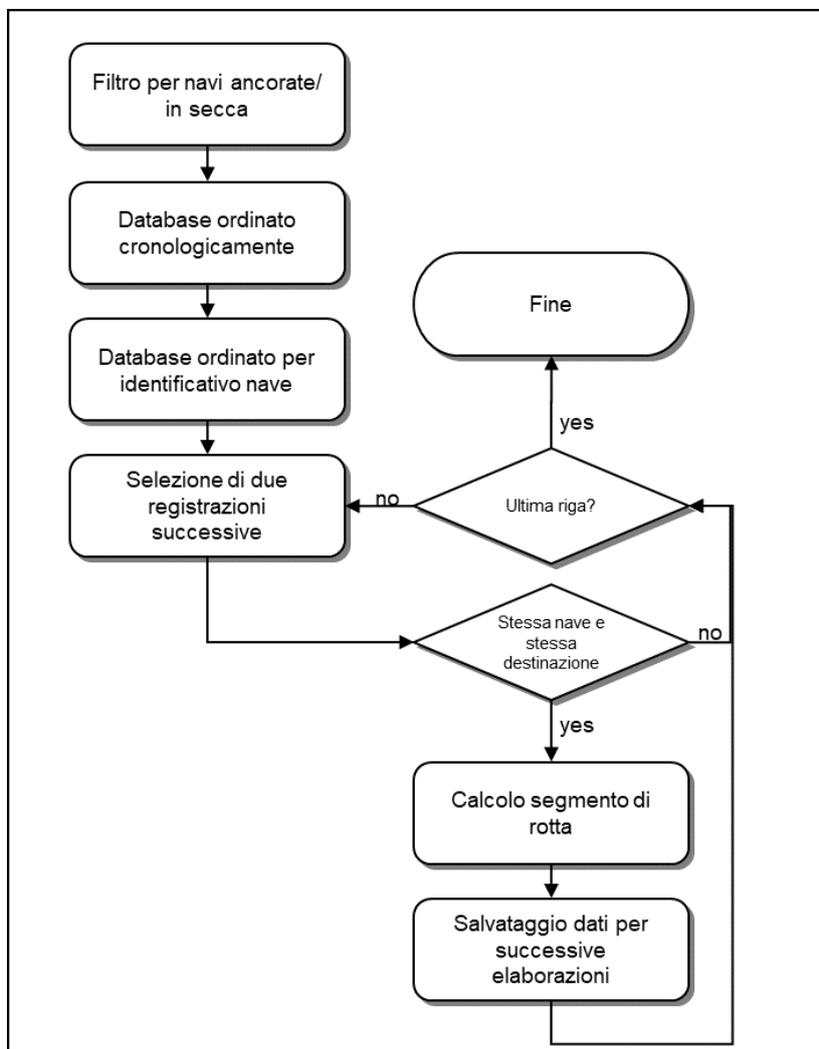


Figura 2-1: Passi della routine automatica per l'elaborazione

Con la procedura sopra descritta si ottengono il numero di passaggi di imbarcazioni nell'area di interesse, divise per tipo e stazza di imbarcazione, e le loro rotte.

## 2.3 CALCOLO DELLE FREQUENZE DI INTERAZIONE

### 2.3.1 Interazione con strutture al di sopra della superficie marina

#### 2.3.1.1 [Impatti con navi di passaggio \(passing vessels\)](#)

##### 2.3.1.1.1 *Navi distribuite su corridoi di traffico*

Qualora le navi passanti intorno all'installazione siano distribuite su corridoi di traffico, la frequenza di impatto per il target j-esimo si calcola come [1]:

$$f_{\text{impatto},j} = \sum_i N_i \cdot P_1 \cdot P_2 \cdot P_3$$

Dove:

- ✓ j: indice identificativo del target potenzialmente soggetto ad impatto;
- ✓ i: indice identificativo di una specifica classe di navi;
- ✓  $N_i$ : frequenza annuale di passaggi nave della i-esima classe nelle vicinanze del target j-esimo considerato (espressa in numero passaggi/anno);
- ✓  $P_1$ : probabilità di perdita di controllo della nave; valore indipendente dalla classe della nave che si considera aver perso il controllo;
- ✓  $P_2$ : probabilità geometrica di impatto con il target considerato;
- ✓  $P_3$ : probabilità di fallimento di eventuali barriere mitigative.

La frequenza calcolata,  $f_{\text{impatto},j}$ , si riferisce ad un determinato target; pertanto, l'analisi dovrà essere applicata a ciascun target individuato e ciascuna classe di nave potenzialmente impattante.

Lo standard DNVGL-RP-F107 [1] suggerisce che rotte di navi che navigano più distanti di 10 nm non comportano potenziale rischio di collisione.

#### 2.3.1.1.2 Navi distribuite in maniera casuale

Qualora non sia possibile identificare dei corridoi di traffico per le navi passanti intorno all'installazione, la frequenza di impatto per il target j-esimo si calcola come [1]:

$$f_{\text{impatto},j} = (365 \cdot 24 \cdot V \cdot D \cdot \rho) \cdot P_1 \cdot P_3$$

Dove:

- ✓ j: indice identificativo del target potenzialmente soggetto ad impatto;
- ✓ V: Velocità media delle navi
- ✓ D: è il diametro di collisione (definito come somma di estensione del target in direzione perpendicolare alla rotta e larghezza della nave media)
- ✓  $\rho$ : densità delle navi per km<sup>2</sup>
- ✓  $P_1$ : probabilità di perdita di controllo della nave; valore indipendente dalla classe della nave che si considera aver perso il controllo
- ✓  $P_3$ : probabilità di fallimento di eventuali barriere mitigative.

L'equazione soprariportata è derivata dalle seguenti considerazioni:

- ✓ Il termine "365 · 24 · V" fornisce la distanza totale percorsa da una nave in un anno
- ✓ Moltiplicando il termine sopra per la densità delle navi si ottiene la distanza totale percorsa da tutte le navi nelle vicinanze della piattaforma
- ✓ Moltiplicando ancora per il diametro di collisione si ottiene la frazione delle navi che si dirigono verso il target

La frequenza calcolata,  $f_{\text{impatto},j}$ , si riferisce ad un determinato target; pertanto, l'analisi dovrà essere applicata a ciascun target individuato e ciascuna classe di nave potenzialmente impattante.

#### 2.3.1.1.3 Frequenza annuale di passaggi nave ( $N_i$ )

Al fine di poter calcolare una frequenza di evento incidentale associata al transito delle navi nell'area, è necessario conoscere il numero di rotte passanti in un anno.

Questo numero è possibile ricavarlo dai dati AIS utilizzando la routine descritta precedentemente.

Una volta che le registrazioni sono state elaborate e le rotte calcolate, queste ultime possono essere rappresentate graficamente grazie all'ausilio di un software GIS (Geographic Information System); il risultato dell'elaborazione grafica verrà presentata nei risultati. Con lo stesso software è possibile quindi tracciare un segmento che funge da linea di controllo; fornendo come input le rotte calcolate e la linea di controllo tracciata, la routine è in grado di calcolare il numero di rotte che la intersecano.

Definendo in maniera opportuna la linea di controllo (in termini di posizione ed estensione), è possibile quindi contare il numero di passaggi elaborati per quel tratto di mare. Dato l'arco temporale coperto dalle registrazioni dei dati AIS, si ottiene la frequenza annuale di passaggi nave.

#### 2.3.1.1.4 Probabilità di perdita controllo della nave (P1)

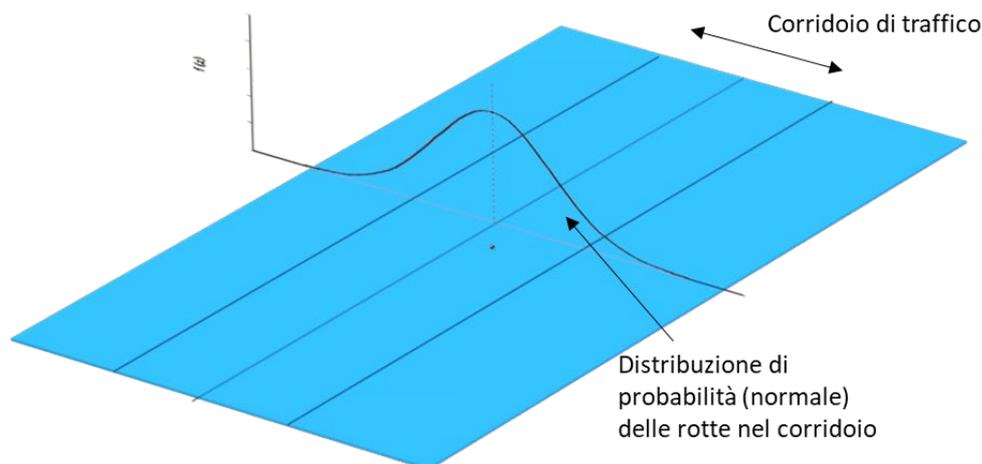
La perdita di controllo può avere diverse cause, ciascuna delle quali caratterizzata da una probabilità di accadimento. Pertanto, la probabilità di avere perdita di controllo può essere calcolata dalla combinazione di questi fattori che dipendono dallo scenario in analisi.

In generale, in letteratura è stato osservato che tale combinazione porta ad una probabilità  $P_1$  stimata in  $2 \cdot 10^{-4}$  per le navi di passaggio [1].

#### 2.3.1.1.5 Probabilità geometrica di impatto con il target considerato (P2)

$P_2$  viene definita "probabilità geometrica di collisione", ossia la probabilità che la nave sia in rotta di collisione con il target considerato quando avviene la perdita di controllo. Per il calcolo della  $P_2$  si considera che, la traiettoria della nave non subisce variazioni successivamente alla perdita di controllo, ossia, la nave manterrà per sempre la traiettoria che aveva nel momento in cui è stato perso il controllo.

Come osservato in precedenza, il traffico marittimo di mercantili o navi passeggeri generalmente si colloca lungo specifici corridoi. Lo standard DNVGL-RP-F107 [1] riporta che la posizione delle navi all'interno di questi corridoi è descrivibile attraverso una distribuzione normale (centrata nel corridoio), come illustrato nella seguente figura [1].



**Figura 2-2: Distribuzione normale della posizione delle rotte all'interno del corridoio di traffico**

Sulla base di questa assunzione, la probabilità che una nave possa trovarsi in rotta di collisione con il target considerato si può calcolare secondo la seguente formula [1]:

$$P_2 = D \cdot \frac{1}{\sqrt{2\pi}\delta} \cdot e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x}{\delta}\right)^2}$$

Dove:

- ✓  $D$  è il diametro di collisione (definito come somma di estensione del target in direzione perpendicolare alla rotta e larghezza della nave)
- ✓  $\delta$  è la deviazione standard
- ✓  $x$  è la distanza tra il centro del corridoio e il target

Il calcolo della deviazione standard ( $\delta$ ) viene effettuato, dove possibile, sulla base dell'elaborazione statistica dei dati di traffico osservati. La distribuzione spaziale delle rotte all'interno del corridoio di traffico viene ricavata

imponendo una linea di controllo perpendicolare alla direzione prevalente del corridoio e calcolando il numero di rotte che intercettano tale retta di controllo a coordinata progressiva crescente.

La distribuzione sperimentale così ottenuta viene interpolata tramite deconvoluzione ottenendo i parametri della curva gaussiana che meglio interpola i dati disponibili. Per il fitting dei coefficienti viene adottato il metodo di minimizzazione dello scarto quadratico medio. Qualora la stessa retta di controllo intercetti più corridoi simultaneamente, l'algoritmo procede a scomporre la distribuzione di numero di passaggi utilizzando più curve gaussiane, e ottimizzando gli scarti quadratici medi sulla curva risultante dalla somma delle singole gaussiane.

Qualora non fossero disponibili dati sufficienti ad elaborare un profilo di distribuzione di numero di passaggi, oppure le installazioni offshore scopo dell'analisi richiedano assunzioni sulla modifica sostanziale delle principali rotte di traffico nell'area di interesse rispetto a quanto osservato tramite dati AIS, è possibile fornire una stima del parametro  $\delta$  assumendo la larghezza del corridoio di traffico e che la percentuale di navi che transita sempre all'interno dello stesso sia pari al 99.7%.

La seguente figura mostra graficamente come viene calcolata la probabilità geometrica di impatto.

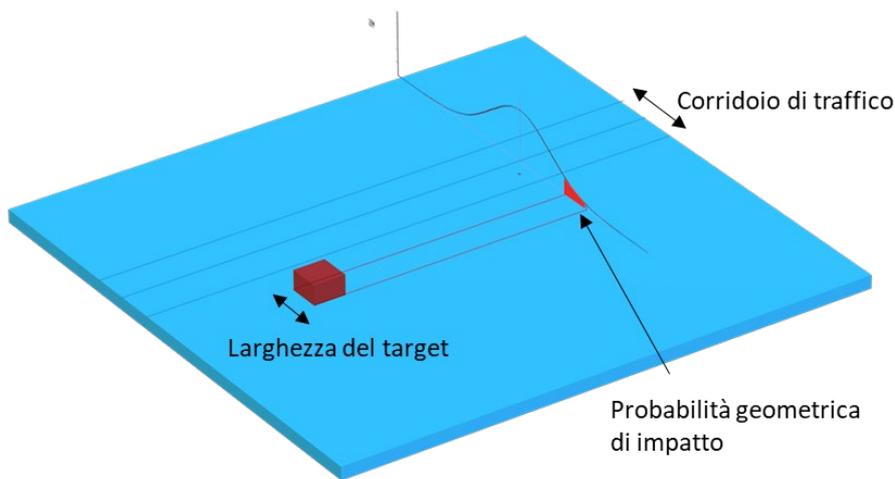


Figura 2-3: Probabilità di entrare in rotta di collisione con il target

#### 2.3.1.1.6 Probabilità di fallimento di eventuali barriere mitigative ( $P_3$ )

A seconda del caso specifico possono essere presenti dei sistemi (barriere) che contribuiscono ad evitare l'impatto tra nave passante e target. In linea di principio, il termine  $P_3$  sarà dato dalla combinazione delle probabilità di fallimento di tutte le barriere individuate.

Esempi di barriere potrebbero essere:

- ✓ L'adozione di un limite di velocità delle navi che transitano in prossimità del parco eolico;
- ✓ L'utilizzo di sistemi di segnalamento marittimo;
- ✓ Zona di interdizione alla navigazione attorno al parco eolico.
- ✓ Presenza di standby vessel in corrispondenza del parco eolico
- ✓ Sirena antinebbia installata, ad esempio, in corrispondenza degli aerogeneratori perimetrali
- ✓ RACON (ovvero il faro radar)

$P_3$  è solitamente considerata pari ad uno se non sono presenti barriere. Viceversa,  $P_3$  decresce in funzione delle barriere presenti: 0.9 se presente il RACON, 0.14 se presente una standby vessel, 0.13 se presenti sia RACON che standby vessel [1].

### 2.3.2 Interazione con strutture sottomarine

Gli eventi che possono danneggiare le strutture sottomarine sono:

- ✓ Impatto dovuto ad affondamento di navi;
- ✓ Impatto causato da caduta di oggetti trasportati da navi mercantili (container);
- ✓ Interazione con ancore in caso di ancoraggio di emergenza e/o condizioni atmosferiche avverse (considerando urto diretto e trascinamento);
- ✓ Interazione con attrezzature da pesca.

Al fine di definire una frequenza di interazione dai dati disponibili, legata sia al passaggio navi che ai container, si è fatto riferimento al report COST 301, dove sono forniti i ratei medi di collisione, impatto e affondamento [2].

In particolare, la frequenza di affondamento, espressa in ev/nave/km, è riportata in Tabella 2-1 in relazione alla stazza della nave.

Tabella 2-1: Frequenza di affondamento divisa per classe GRT

Classe GRT	Range GRT [ton]	F sinking [ev/nave/km]
GRT 1	100÷500	3.25E-08
GRT 2	500÷1600	4.72E-08
GRT 3	1600÷10000	5.00E-08
GRT 4	10000÷60000	6.06E-08
GRT 5	60000÷100000	7.43E-08
GRT 6	>100000	7.43E-08

Per quanto riguarda la frequenza di container che possono cadere dalle navi sui quali sono trasportati, il conto è stato il seguente: la percentuale di container persi all'anno (0.001%: dato fornito da World shipping Council [8]) è stata divisa per il numero medio di giorni di navigazione di una nave porta container (255 giorni) [6][3]. La frequenza di perdita / caduta di container ottenuta è risultata essere pari a  $1.63 \cdot 10^{-9}$  ev/container/h.

Per quanto riguarda la frequenza di ancoraggio di emergenza, lo standard DNVGL-RP-F107 [1] associa la necessità di ancoraggio di emergenza ad eventi di ogni tipo che riguardano un guasto al sistema propulsivo. Tale valore è pari a  $1.4 \cdot 10^{-5}$  ev/nave/h. Tuttavia, perché tale valore sia effettivamente rappresentativo di una situazione quale l'ancoraggio di emergenza, questo deve essere corretto. In prossimità delle strutture sottomarine saranno definite delle aree in cui l'ancoraggio non è consentito. Pertanto, in caso di necessità di ancoraggio di emergenza, l'operazione dovrà essere effettuata al di fuori di tali aree. Quindi, il fattore relativo all'errore umano deve essere considerato per la stima della frequenza di ancoraggio all'interno di tali zone. Tale valore è calcolato come di seguito [4]:

$$HE = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5$$

Dove:

- ✓  $K_1$ : fattore legato alla tipologia di attività
- ✓  $K_2$ : fattore temporaneo di stress
- ✓  $K_3$ : fattore tipologico legato all'operatore
- ✓  $K_4$ : fattore legato all'ansia per l'operazione in oggetto
- ✓  $K_5$ : fattore legato all'ergonomia dell'operazione

Considerando lo scenario analizzato, ai vari fattori sono stati assegnati i seguenti valori:

- ✓  $K_1$ : 0.1, attività non di routine
- ✓  $K_2$ : 0.1, considerando l'intervallo temporale a disposizione per effettuare l'operazione di ancoraggio
- ✓  $K_3$ : 0.5, considerando la preparazione dell'operatore

- ✓  $K_4$ : 2, situazione che è di potenziale emergenza
- ✓  $K_5$ : 3, discrete condizioni microclimatiche e di interfaccia con il resto dell'equipaggio / nave

L'equazione sopradescritta con i valori assegnati ai vari fattori conduce ad un valore di probabilità di errore umano pari a  $3 \cdot 10^{-2}$ . Quindi, la frequenza che un ancoraggio di emergenza possa avvenire all'interno dell'area interdotta a tale operazione risulta essere pari a  $4.20 \cdot 10^{-7}$  ev/nave/h.

In aggiunta a quanto sopra è presente la possibilità che un ancora possa cadere in mare in maniera incontrollata [6]. In questa situazione è possibile che la nave prosegua la sua navigazione senza rendersene conto trascinandosi quindi l'ancora sul fondale per diversi chilometri. Il DNV [6] riporta che tale scenario può essere a sua volta diviso in 3 sottoscenari:

7. Ancora cade in maniera incontrollata e viene scoperta entro 1 km senza raggiungere la massima profondità di penetrazione  
I motivi per cui ci si può rendere conto del fatto che l'ancora è caduta in mare sono legati a vibrazioni e rumori. Al presente sottoscenario è associata una frequenza di  $2 \cdot 10^{-8}$  ev/attraversamenti
8. Ancora cade in maniera incontrollata e viene scoperta entro 1 km raggiungendo la massima profondità di penetrazione  
Al presente scenario viene associata una frequenza di  $1.7 \cdot 10^{-9}$  ev/attraversamenti
9. Ancora cade in maniera incontrollata e non viene scoperta  
Al presente scenario viene associata una frequenza di  $5.25 \cdot 10^{-9}$  ev/nave/km dove la lunghezza di interazione viene stabilita in base alla posizione del cavidotto/tubazione e della distribuzione del traffico

Per il calcolo della frequenza di interazione tra le strutture sottomarine e tutti i possibili scenari (affondamento, caduta oggetti, ancoraggio) è necessario calcolare la lunghezza di interazione, ossia la lunghezza nella quale, se avviene un determinato evento, si verifica un'interazione con le strutture sottomarine.

La lunghezza di interazione tiene conto dell'angolo con cui una nave attraversa una struttura sottomarina e delle dimensioni della nave, dei possibili container o della catena dell'ancora. Viene calcolata con la seguente formula:

$$L = L_i + \frac{D}{\sin \vartheta} + W_i \cdot \cotan \vartheta$$

Dove:

- ✓ L è la lunghezza di interazione
- ✓  $L_i$  è la lunghezza caratteristica dell'oggetto considerato (nave, container, trascinamento ancora)
- ✓ D è il diametro della tubazione o del cavidotto sottomarino
- ✓  $W_i$  è la larghezza caratteristica dell'oggetto considerato (nave, container, trascinamento ancora)
- ✓  $\vartheta$  è l'angolo di intersezione tra nave e cavidotto o tubazioni (compreso tra  $0^\circ$  e  $90^\circ$ )

### 2.3.2.1 [Frequenza di interazione con navi in affondamento](#)

La frequenza di impatto tra una eventuale nave in affondamento e il cavidotto o la tubazione si ottiene applicando la relazione seguente [1]:

$$F_{\text{affondamento}} = \sum_{k=1}^{N_{\text{navi}}} \mu_{\text{affondamento}} \cdot L$$

Dove  $\mu$  è la frequenza di affondamento di una nave e L è la lunghezza di interazione. Tale conto viene effettuato per ciascuna nave la cui rotta interseca il cavidotto/tubazione. La frequenza totale di interazione tra cavidotto/tubazione e navi in affondamento è quindi pari alla somma dei contributi delle singole navi la cui rotta interseca il cavidotto.

### 2.3.2.2 [Frequenza di interazione con caduta di container](#)

Gli oggetti che possono cadere da una nave sono generalmente container e/o parti del carico alloggiante sul ponte. Per gli oggetti diversi dai container, e quindi significativamente di dimensione inferiore è ragionevole assumere che non ci sia alcuna conseguenza significativa per le strutture sottomarine in caso di impatto.

Viene quindi considerata la sola frequenza di impatto con i container che possono cadere dalle navi in transito.

Visto la variabilità delle dimensioni, massa e modalità di trasporto, per la caduta dei container si fa riferimento ad uno scenario rappresentativo in modo da permettere l'elaborazione matematica delle informazioni disponibili. Il container a cui si fa riferimento per la valutazione della frequenza di caduta è il Twenty-foot Equivalent Unit (TEU) che ha lunghezza pari a 20 piedi (6 m) e larghezza pari a 8 piedi (2.4 m).

La frequenza di impatto tra un container che cade e la struttura sottomarina appoggiata sul fondale si calcola con l'equazione seguente:

$$F_{container} = \sum_{k=1}^{N_{cargo}} n_{TEU,i} \cdot \mu_{oggetto} \cdot \frac{L}{v_k}$$

Dove  $n_{TEU,k}$  è il numero di container trasportati dalla nave i la cui rotta interseca il percorso del cavidotto/tubazione,  $\mu_{oggetto}$  è la frequenza di caduta del container che si slega dall'ancoraggio a cui è fissato, L è la lunghezza di interazione tra container che cade e cavidotto/tubazione,  $v_k$  la velocità della nave k. Il rapporto  $\frac{L}{v_k}$  rappresenta il tempo che il container passa al di sopra della struttura sottomarina in cui quindi, se dovesse cadere in acqua, si verificherebbe l'impatto tra container e struttura sottomarina.  $n_{TEU,k}$  è stato definito sulla base della lunghezza della nave trasportante. La relazione tra il numero di container trasportabili e la lunghezza della nave è stata ricavata analizzando i dati della flotta Maersk [5].

### 2.3.2.3 Frequenza di interazione con ancore

L'interazione tra ancore e struttura sottomarina è legata sia ad una situazione di emergenza sia ad un situazione di rilascio accidentale di ancora e può essere di due tipi:

- ✓ Impatto diretto da caduta: l'ancora in caduta libera impatta direttamente la struttura sottomarina
- ✓ Agganciamento: l'ancora aggancia la struttura sottomarina nella fase di trascinamento dopo aver impattato il fondale

Di seguito si riportano le informazioni relative alle ancore tipiche sulla base dello specifico range GRT di nave [6]:

**Tabella 2-2: Caratteristiche ancore**

GRT Class	Range GRT [tonn]	Massa dell'ancora [kg]	Lunghezza dell'ancora [m]	Larghezza dell'ancora [m]	Lunghezza della catena dell'ancora [m]	Lunghezza di trascinamento dell'ancora [m]
GRT 1	100÷500	900	1.1	0.6	179	25
GRT 2	500÷1600	1440	1.2	0.7	207	50
GRT 3	1600÷10000	3060	1.7	0.9	248	100
GRT 4	10000÷60000	8700	2.4	1.3	317	500
GRT 5	60000÷100000	17800	3.1	1.6	372	1000
GRT 6	>100000	26000	3.4	1.8	385	1000

#### 2.3.2.3.1 Impatto diretto da caduta

La frequenza di impatto diretto da caduta può essere calcolata con lo stesso procedimento utilizzato per i container o le navi utilizzando però la dimensione caratteristica dell'ancora e la probabilità di ancoraggio di emergenza al posto che la probabilità di caduta container

#### 2.3.2.3.2 Agganciamento

La frequenza di interazione tra ancora in trascinamento durante un ancoraggio di emergenza e la struttura sottomarina può essere calcolata con la seguente formula:

$$F_{ancora,emergenza} = \sum_{k=1}^{N_{navi}} \mu_{ancora} \cdot \frac{L}{v_k}$$

Dove  $\mu_{ancora}$  è la frequenza di ancoraggio di emergenza, L è la lunghezza di trascinamento dell'ancora sul fondale marino,  $v_k$  la velocità della nave. Il rapporto  $\frac{L}{v_k}$  rappresenta il tempo in cui può avvenire l'interazione tra ancora e struttura sottomarina.

La frequenza di interazione tra ancora in trascinamento a causa di una caduta accidentale e la struttura sottomarina può essere invece calcolata con la seguente formula:

$$F_{ancora,caduta} = \sum_{k=1}^{N_{navi}} \mu_{ancora,caso\ 1} + \mu_{ancora,caso\ 2} + \mu_{ancora,caso\ 3} \cdot L$$

Dove  $\mu_{ancora}$  è la frequenza di ancoraggio nei diversi casi considerati e descritti al capitolo 2.3.2, mentre L è la lunghezza di interazione per il caso 3 che viene stabilita in base alla posizione del cavidotto/tubazione e della distribuzione del traffico.

La frequenza totale di interazione tra ancora e struttura sottomarina si calcola come segue:

$$F_{ancora} = F_{ancora,emergenza} + F_{ancora,caduta}$$

#### 2.3.2.4 Frequenza di interazione con navi da pesca

Anzitutto, va osservato che tra le navi da pesca che potenzialmente possono arrecare danni ai cavidotti/tubazioni, le imbarcazioni adibite alla pesca a strascico sono quelle che vanno considerate.

La frequenza di interazione tra reti a strascico e cavidotto/tubazioni è stata valutata sulla base dei risultati dell'analisi del traffico marittimo nelle zone di interesse. Conservativamente ogni evento di crossing con il cavidotto/tubazioni da parte di navi da pesca equipaggiate con reti a strascico (trawler) è stata considerata come un evento di interazione.

In Italia, secondo il Reg. (CE) 1967/2006 art. 13, è vietata la pesca a strascico entro una distanza di 3 miglia nautiche dalla costa o all'interno dell'isobata di 50 m quando tale profondità è raggiunta a una distanza inferiore dalla costa. Pertanto, eventuali passaggi di navi adibite alla pesca a strascico in parti di mare con profondità inferiore ai 50 m o entro 3 miglia dalla costa non verranno considerati come possibili interazioni tra reti a strascico e il cavidotto.

### 3 ASSUNZIONI E IPOTESI ALLA BASE DEI RISULTATI

I risultati ottenuti (presentati in Sezione 4) considerando la metodologia descritta in Sezione 2 si basano sulle seguenti ipotesi e assunzioni.

#### 3.1 AEROGENERATORI O SOTTOSTAZIONI

1. Nel calcolo della frequenza di interazione tra navi e aerogeneratori o sottostazioni non è stato tenuto in conto il contributo dato da quelle navi il cui dato AIS è risultato corrotto, ovvero quelle navi per cui la classe GRT, la lunghezza e altre caratteristiche dimensionali non sono risultate disponibili. I risultati corrotti sono molto pochi rispetto al totale dei dati disponibili e quindi trascurarli non influenza il risultato finale dell'analisi. Comunque, lo scopo della loro esclusione è quello di avere risultati in termini di frequenza di interazione che siano poi utilizzabili per eventuali future valutazioni circa la frequenza di danno dell'aerogeneratore ed evitare di attribuire a tutti i dati mancanti la classe GRT maggiore (GRT 6) rischiando di sovrastimare eccessivamente le conseguenze dovute all'eventuale impatto tra nave e target;
2. Per poter calcolare la frequenza annuale di passaggi nave ( $N_i$ ), si è reso necessario aggiornare il traffico registrato nell'arco dell'anno 2022 alla situazione ipotetica di presenza del parco eolico; nella pratica, l'aggiornamento è stato effettuato contando il numero di rotte intersecanti la posizione prevista per il parco eolico e redistribuendo questi passaggi nave nei tratti dove in futuro sarà effettivamente possibile (e ragionevolmente ipotizzabile) la navigazione. Il conteggio dei passaggi nave è stato effettuato secondo quanto descritto in paragrafo 2.2;
3. Per la valutazione della frequenza di interazione tra gli aerogeneratori / sottostazioni e il traffico marittimo passante esternamente al parco eolico, è stato considerato che le rotte calcolate e ridistribuite lungo i corridoi di traffico definiti nel seguito della relazione sono distribuite normalmente all'interno dell'estensione del corridoio; questa ipotesi si è resa necessaria per poter redistribuire il traffico marittimo in maniera ragionevole e quindi poter applicare la metodologia definita al paragrafo 2.3.1;
4. È stato considerato che attorno al parco eolico sia presente una zona interdetta alla navigazione; l'estensione di questa zona è stata definita sulla base dell'estensione radiale delle catenarie che garantiscono l'ancoraggio degli aerogeneratori al fondo del mare rispetto alla verticale dell'aerogeneratore stesso (tale estensione varia in funzione della profondità del mare in corrispondenza della posizione dell'aerogeneratore e in base alla tipologia di ormeggi utilizzato); intorno al perimetro del parco è stata assunta una zona di interdizione alla navigazione di 1 nm di larghezza (1852m);
5. In base all'ipotesi descritta al punto 4 del presente elenco, vista la notevole distanza tra un aerogeneratore e quello immediatamente successivo (1.5 km ca) e visto che è ragionevole assumere che il traffico marittimo si disporrà secondo i corridoi di traffico identificati, è stato possibile considerare ciascun aerogeneratore o sottostazione come un target esposto in maniera indipendente al rischio di impatto da parte del traffico marittimo; pertanto, la valutazione della frequenza di interazione è stata condotta per ciascun aerogeneratore o sottostazione del parco rispetto a ciascuno dei corridoi ipotizzati;
6. Viste le dimensioni che caratterizzano ciascun aerogeneratore (inteso come pala eolica e galleggiante a struttura di tripode), come ingombro è stata considerata la dimensione massima del tripode sul pelo dell'acqua, ovvero 120 m mentre per le sottostazioni è stata considerata la dimensione massima pari a 55 m
7. La probabilità di fallimento di eventuali barriere mitigative ( $P_3$ ) è stata assunta pari a 1 (nessuna barriera mitigativa presente)

#### 3.2 CAVIDOTTI

- ✓ Per quanto riguarda l'interazione con strumenti da pesca (reti a strascico), per ogni rotta intersecante i cavidotti, relativa ad imbarcazioni di questa tipologia, è stata assunta per certa l'interazione;
- ✓ Trattandosi di cavidotti deposti sul fondale marino, è ragionevole assumere che ogni tipo di interazione possa essere tale da portare alla rottura del cavo;
- ✓ Sulla base dell'ipotesi al punto precedente, è quindi possibile stimare in maniera diretta la frequenza di fallimento di ciascun cavidotto per ogni Chilometro Progressivo (KP) di percorso; tale valore sarà pari alla somma delle frequenze di interazione calcolate per ciascuna modalità ad ogni KP di percorso;
- ✓ La lunghezza di interazione durante un caso di ancoraggio accidentale per il caso 3 (ancora cade in maniera incontrollata e non viene scoperta) è stata assunta pari a 30 km [6]

È stato ricavato il numero di passaggi nave, e la loro distribuzione lungo i corridoi di traffico, che intersecano i cavidotti nella situazione attuale di traffico marittimo.

## 4 RISULTATI

L'analisi del traffico marittimo nell'area prevista per il parco eolico di Barium Bay è stata effettuata sulla base dell'elaborazione dei dati di traffico navale rilevato dai tracciati AIS e condotta su un'area di circa 15000 km<sup>2</sup> intorno alla posizione del parco.



Figura 4-1: Identificazione dell'area di interesse

### 4.1.1 Distribuzione rotte in assenza del parco eolico

In Tabella 4-1 sono dettagliate le classi di stazza utilizzate per suddividere il traffico marittimo, mentre in Tabella 4-2 sono riportati i colori usati per tracciare le rotte appartenenti alle differenti classi GRT.

Tabella 4-1: Stazza delle navi e corrispondente classe GRT assegnata

GRT (tonn)	Classe GRT
< 1500	1
1500-5000	2
5000-10000	3
10000-30000	4
30000-60000	5
> 60000	6

Tabella 4-2: Colori identificativi usati per tracciare le rotte appartenenti alle diverse classi GRT

Classe GRT	Colore
GRT 1	Magenta
GRT 2	Rossocastano
GRT 3	Verde oliva
GRT 4	Purpureo
GRT 5	Cian
GRT 6	Arancione

È importante notare che esiste un legame tra lunghezza delle navi e stazza GRT; utilizzando i dati delle navi per cui sia lunghezza che stazza GRT sono disponibili è stata ricavata una relazione funzionale; sulla base di questa relazione è stato quindi possibile definire la stazza GRT di quelle navi per cui era nota solo la lunghezza. In questo modo, è stato possibile rendere utilizzabili un numero maggiore di registrazioni.

Le rotte calcolate per ogni classe GRT per l'anno 2021 sono riportate in Figura 4-2, Figura 4-3, Figura 4-4, Figura 4-5, Figura 4-6, Figura 4-7: per ciascuna classe GRT è riportato sulla sinistra della figura il plot delle singole rotte, sulla destra della figura la rappresentazione semi quantitativa della densità di passaggi (massima in corrispondenza dei punti rossi, minima in corrispondenza dei punti verdi, trascurabile in assenza di codice colore).

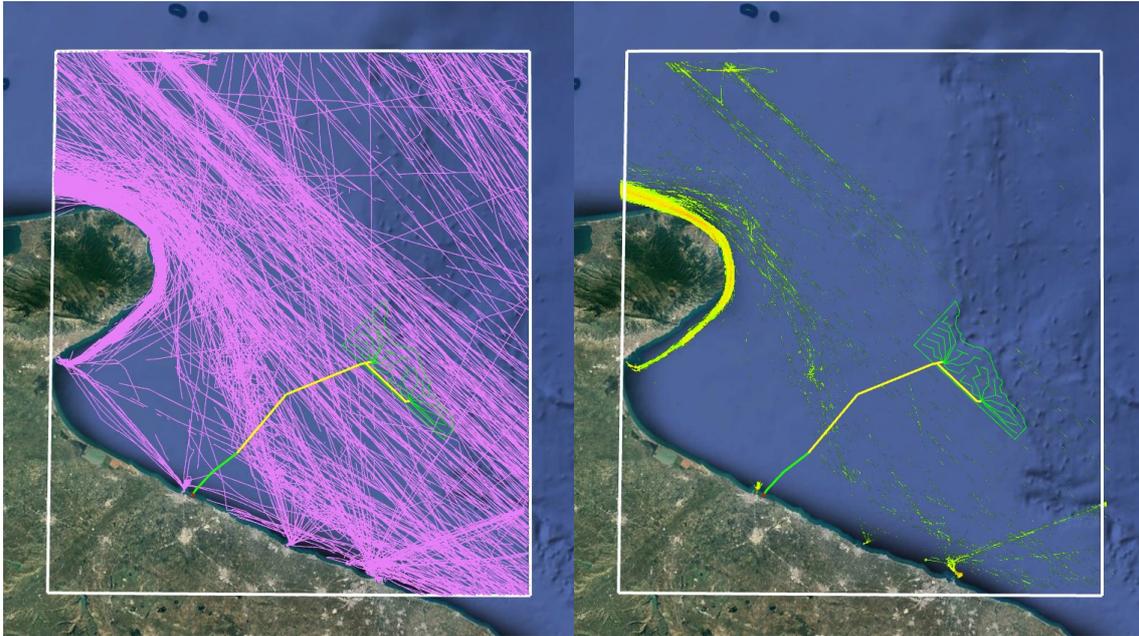


Figura 4-2: Traffico marittimo 2021 – GRT 1

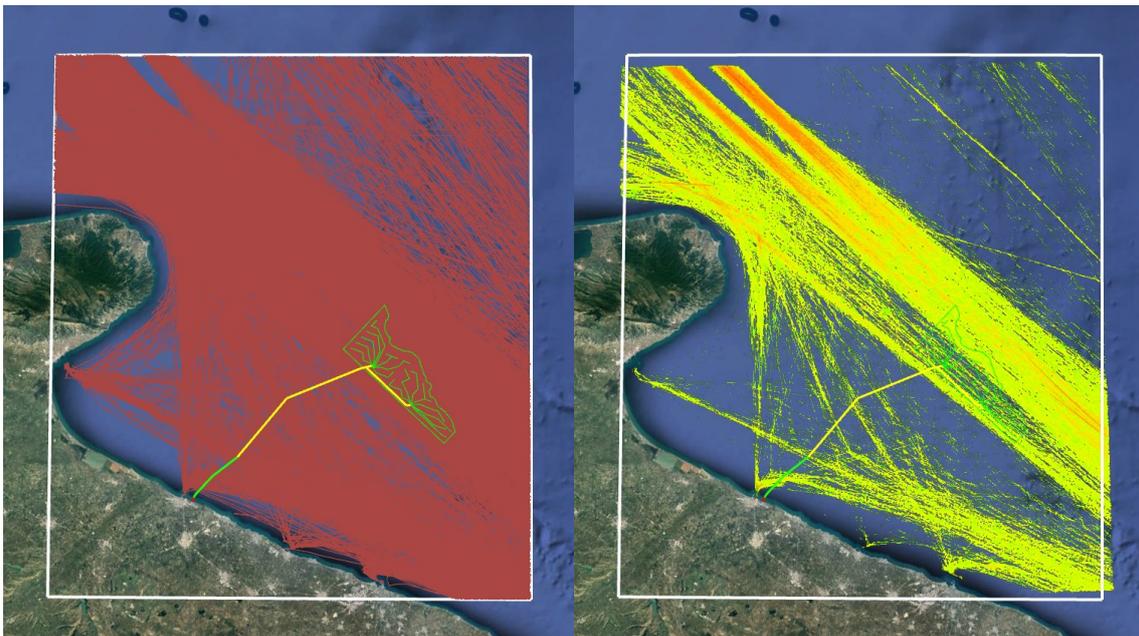


Figura 4-3: Traffico marittimo 2021 – GRT 2

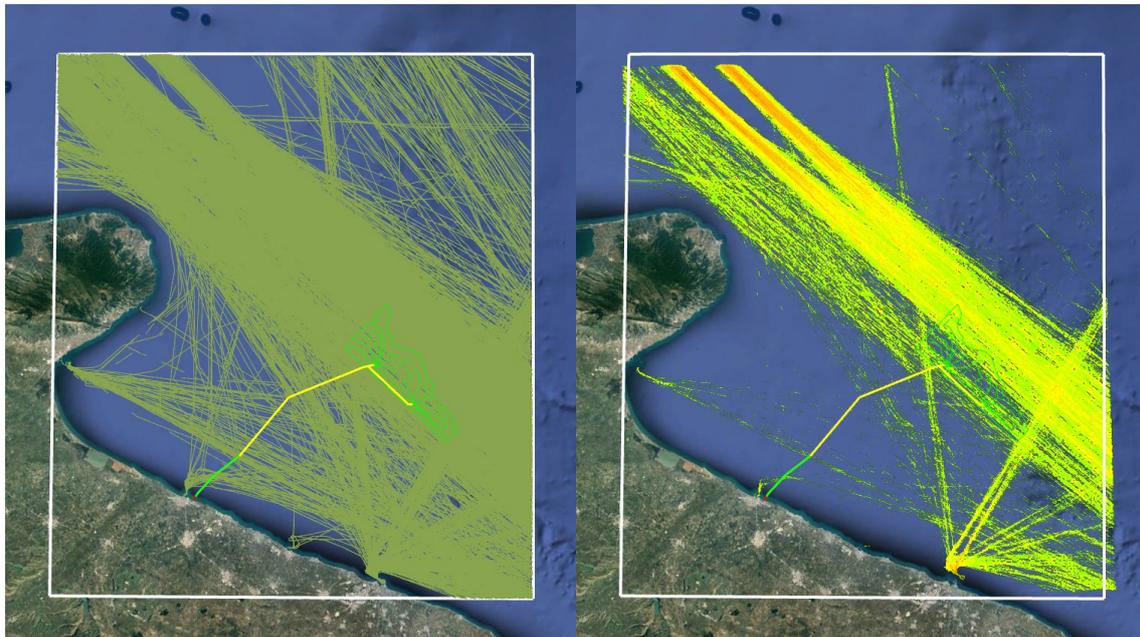


Figura 4-4: Traffico marittimo 2021 – GRT 3

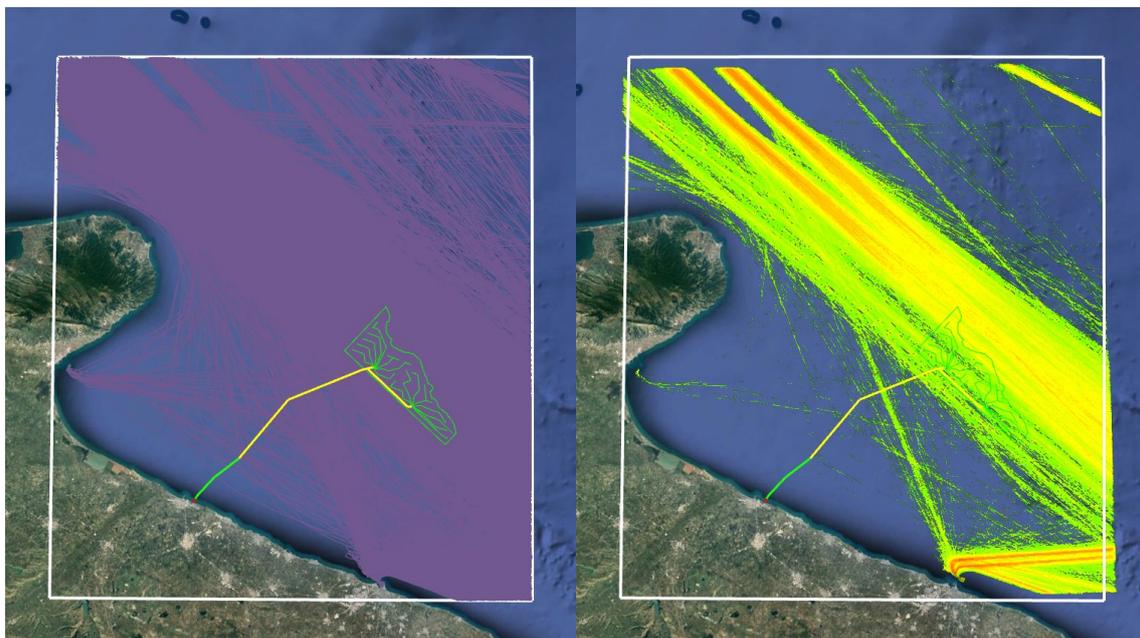


Figura 4-5: Traffico marittimo 2021 – GRT 4

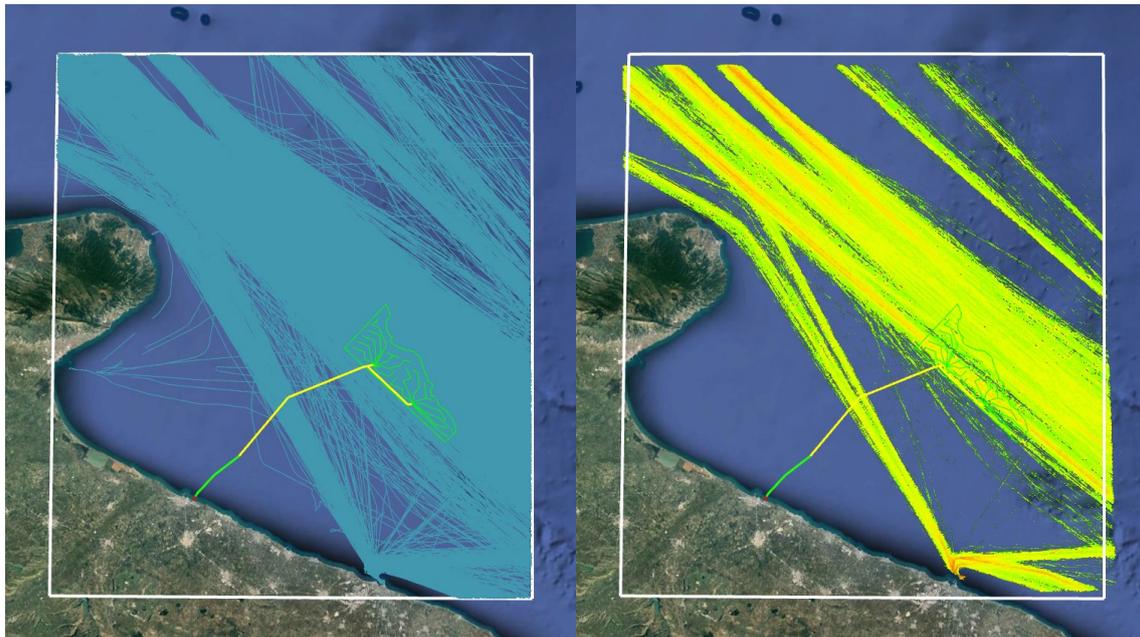


Figura 4-6: Traffico marittimo 2021 – GRT 5

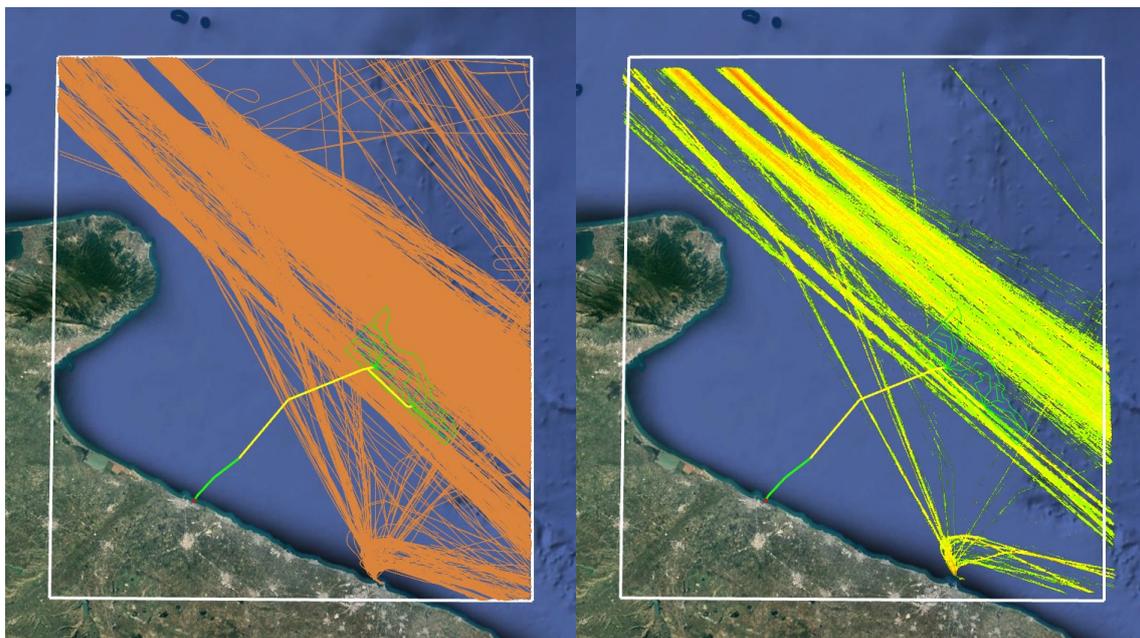


Figura 4-7: Traffico marittimo 2021 – GRT 6

#### 4.1.2 Identificazione dei corridoi di traffico in presenza dei parco eolici

Dall'analisi dei dati AIS sono stati identificati un totale di 15 corridoi di traffico marittimo.



Figura 4-8: Corridoi di traffico 1 (viola), 2 (rosso)– Mappa di densità classe GRT 5

I primi due corridoi di traffico (Figura 4-8) attraversano l'area di interesse in direzione Nord-Ovest/Sud-Est; sono corridoi caratterizzati da un elevato numero di passaggi di navi appartenenti a tutte le classi GRT (circa 6000 passaggi/anno); entrambi i corridoi tendono a aprirsi muovendosi verso sud; è ragionevole aspettarsi che, in presenza del campo eolico e delle relative zone di interdizione, le navi continuino a mantenere una distribuzione più centrata sull'asse del corridoio, minimizzando lo spread laterale. Il corridoio 2, inoltre, è caratterizzato da una potenziale interazione con il parco eolico di Barium bay e nelle analisi è stato considerato che tale corridoio si sposti a nord-est mantenendo una distanza minima di 1 miglio nautico dagli aerogeneratori di Barium Bay.

I corridoi 3, 4, 5 e 6 (Figura 4-9) descrivono invece il traffico sottocosta a nord del porto di Bari; tale traffico è caratterizzato, nella parte nord-ovest dell'area di controllo, da una serie di corridoi molto nitidi seguiti dalle navi in classe GRT 6 (corridoio 3, in totale circa 1000 passaggi anno suddivisi in tre sottocorridoi) e da un corridoio più grande che raccoglie i passaggi delle navi in classe GRT 4 e 5 e, più sottocosta, GRT 1 (corridoio 6, circa 250 navi in classe GRT 1 e 1200 nelle classi maggiori). Parte di questo traffico è collegato alle navi in entrata/uscita dal porto di Bari verso nord (corridoio 5, circa 700 navi/anno); il restante traffico è invece diretto verso sud-est (corridoio 4).

I corridoi 3, 4 e 6 sono caratterizzati da una possibile interazione con il campo di Barium bay; il relativo percorso è stato quindi considerato leggermente più sottocosta a una distanza minima di 1 miglio nautico dagli aerogeneratori del campo eolico.

I restanti corridoi (7 -15, Figura 4-10 e Figura 4-11) seguono rotte meno trafficate; è comunque significativo notare che:

- ✓ il corridoio numero 12 mostra una potenziale interferenza con il campo di Barium Bay; è stata quindi considerata una rotta ruotata verso ovest in modo da mantenere una distanza minima di 1 miglio nautico dagli aerogeneratori;
- ✓ il corridoio numero 13 mostra una potenziale interferenza con il campo eolico di Barium bay; è stata considerata una rotta ruotata verso est in modo da mantenere la distanza minima di sicurezza.

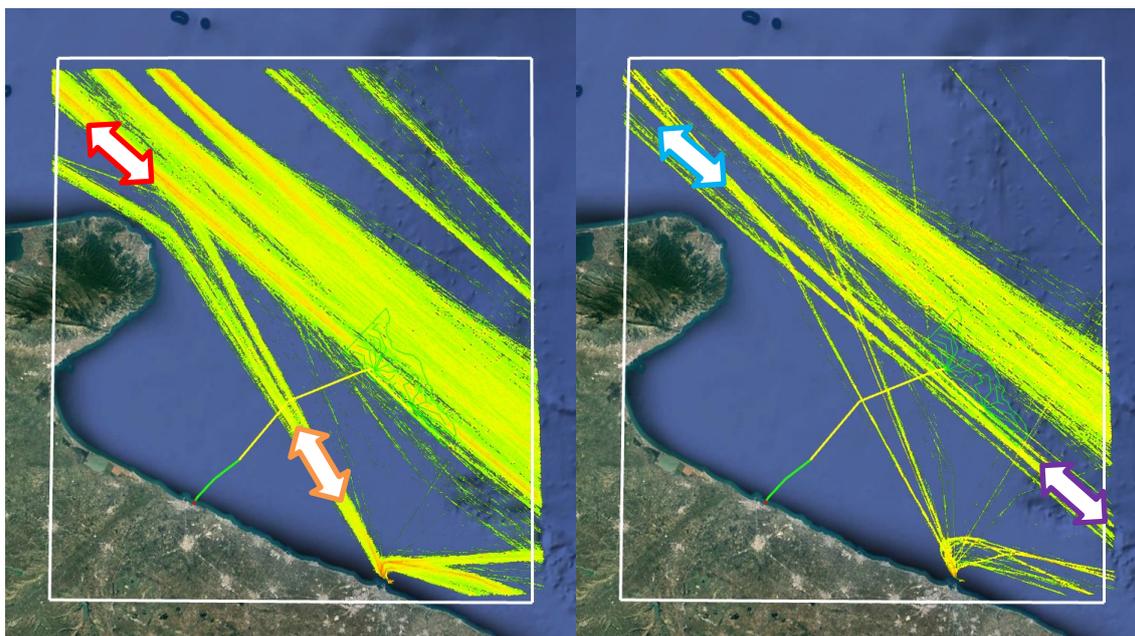


Figura 4-9: Corridoi di traffico 3 (azzurro), 4 (viola), 5 (arancione) e 6 (rosso)– Mappa di densità classe GRT 5 (sinistra) e classe GRT 6 (destra)

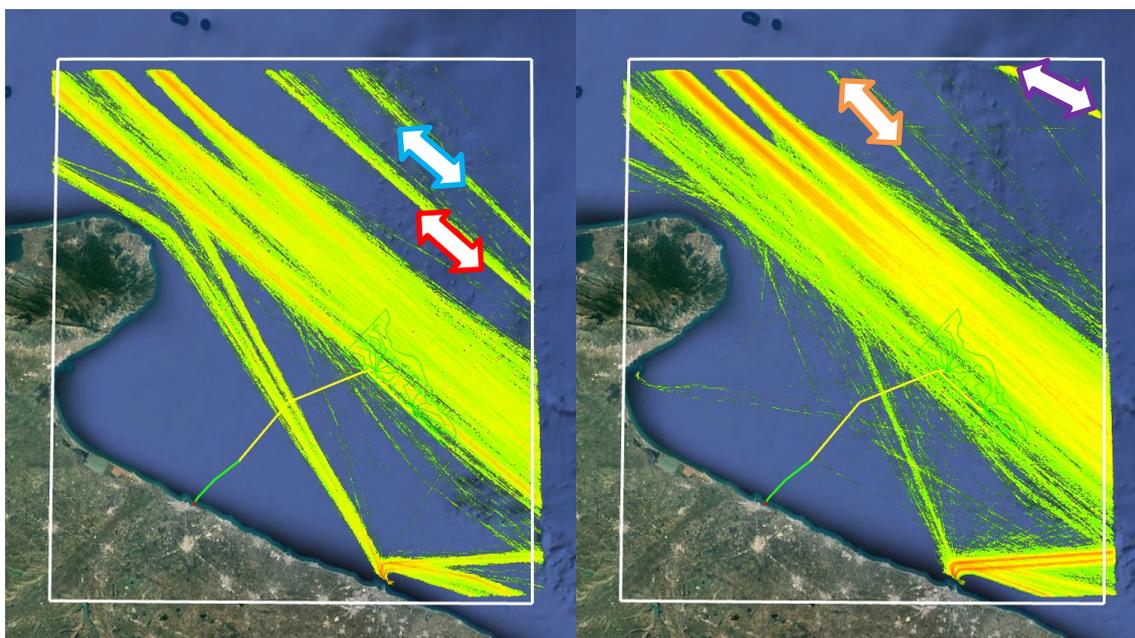


Figura 4-10: Corridoi di traffico 7 (rosso), 8 (azzurro), 9 (arancione) e 10 (viola)– Mappa di densità classe GRT 5 (sinistra) e classe GRT 4 (destra)

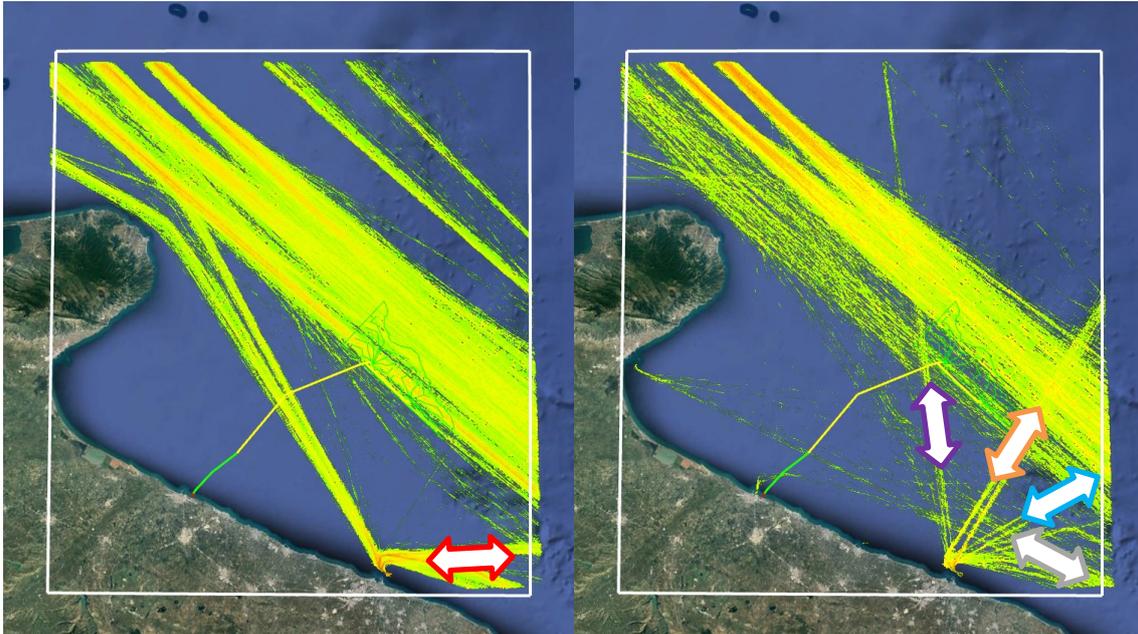


Figura 4-11: Corridoi di traffico 11 (rosso), 12 (viola), 13 (arancione), 14 (azzurro) e 15 (grigio) – Mappa di densità classe GRT 5 (sinistra) e classe GRT 3 (destra)

## 4.2 FREQUENZA DI INTERAZIONE

### 4.2.1 Aerogeneratori e sottostazioni

Nella seguente Figura 4-12 è mostrata la denominazione di ogni aerogeneratore e sottostazione:

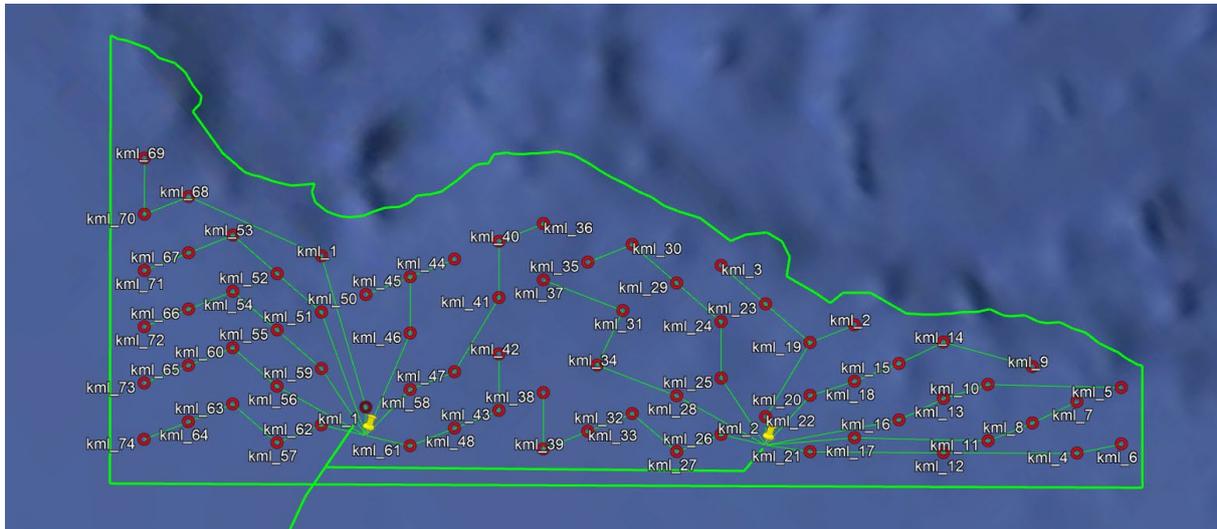


Figura 4-12: Denominazione aerogeneratori e sottostazioni

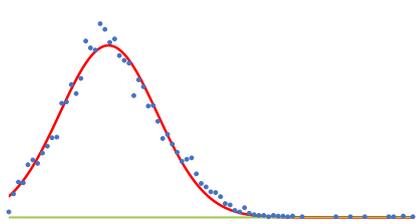
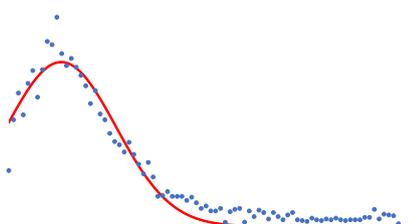
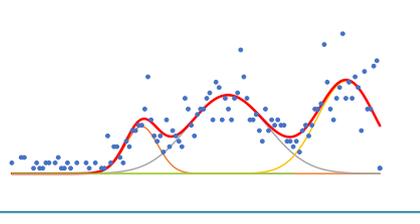
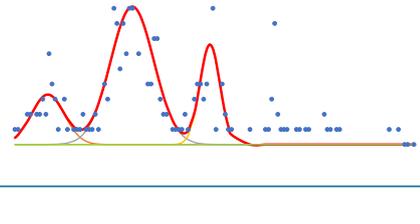
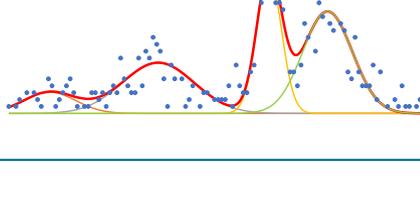
### 4.2.2 Selezione dei corridoi di traffico critici

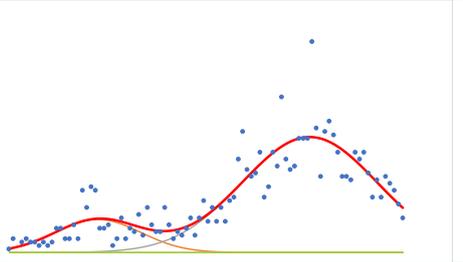
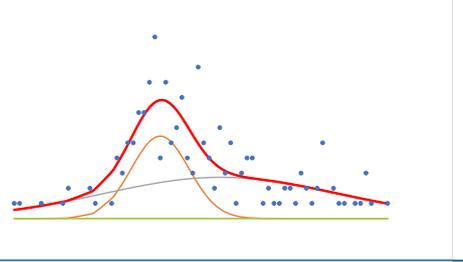
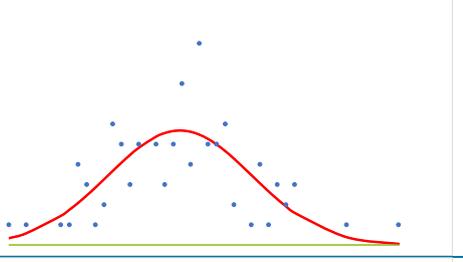
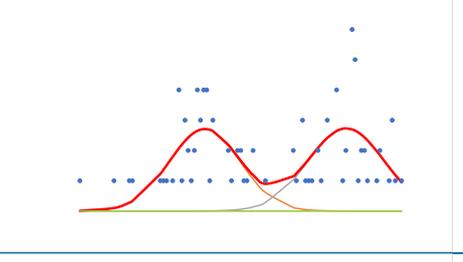
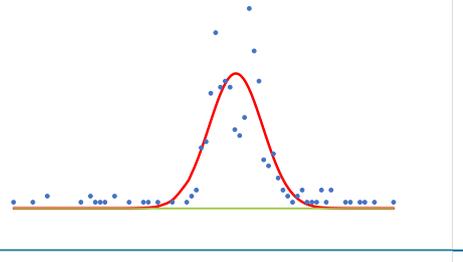
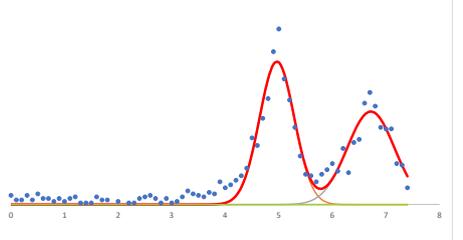
Sono definiti corridoi di traffico critici i corridoi in gradi di interessare uno o più aerogeneratori con una frequenza di interazione credibile. La selezione dei corridoi di traffico critici è stata effettuata calcolando, per ciascun corridoio,

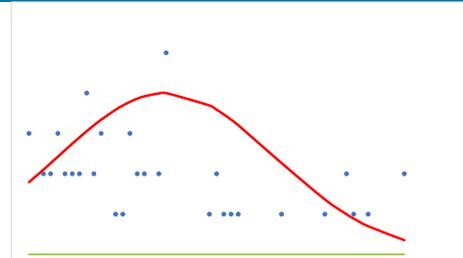
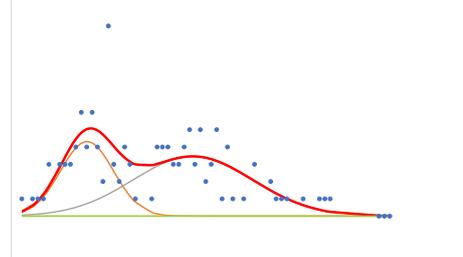
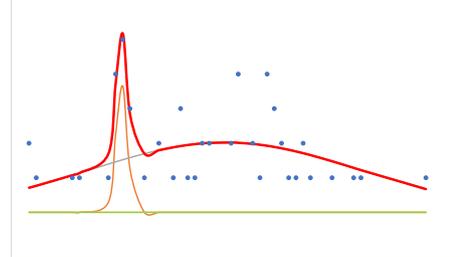
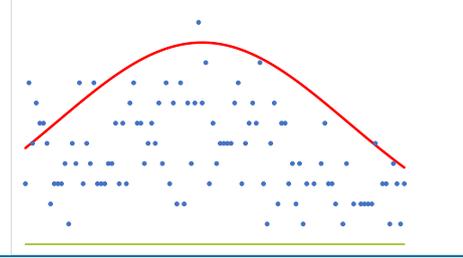
la frequenza di interazione con l'aerogeneratore più vicino al corridoio di traffico, tenendo conto delle modifiche descritte nella sezione 4.1.2.

L'elenco dei corridoi, i relativi dettagli, la distribuzione e la frequenza di interazione calcolata con l'aerogeneratore più vicino sono riassunti in Tabella 4-4.

Tabella 4-3: Caratteristiche e distribuzione dei corridoi di traffico

Id	Classe GRT di riferimento	Numero di passaggi	Frequenza di interazione	Distribuzione
1	Tutte le classi GRT	6280 passaggi	$< 1E-08$ ev/yr	
2	Tutte le classi GRT	5460 passaggi	$8.52E-05$ ev/r	
3	GRT 6	1000 passaggi	$4.53E-06$ ev/yr	
4	GRT 2 e 3	270 passaggi	$< 1E-08$ ev/yr	
5	GRT 1, 4, 5 e 6	660 passaggi	$< 1E-08$ ev/yr	

Id	Classe GRT di riferimento	Numero di passaggi	Frequenza di interazione	Distribuzione
6	GRT 1, 4 e 5	1440 passaggi	8.56E-05 ev/yr	
7	GRT 5	180 passaggi	< 1E-08 ev/yr	
8	GRT 5 e 6	100 passaggi	< 1E-08 ev/yr	
9	GRT 4	100 passaggi	< 1E-08 ev/yr	
10	GRT 4	330 passaggi	< 1E-08 ev/yr	
11	GRT 3, 4 e 5	1610 passaggi	< 1E-08 ev/yr	

Id	Classe GRT di riferimento	Numero di passaggi	Frequenza di interazione	Distribuzione
12	GRT 3	60 passaggi	2.87E-06 ev/yr	
13	GRT 3 e 6	130 passaggi	1.75E-06 ev/yr	
14	GRT 3	60 passaggi	< 1E-08 ev/yr	
15	GRT 2 e 3	450 passaggi	< 1E-08 ev/yr	

La frequenza di interazione con i singoli aerogeneratori è stata calcolata considerando i contributi dei soli corridoi definiti critici. La massima frequenza interazione degli altri corridoi è minore della soglia di credibilità assunta pari a 1E-08 ev/anno.

In Tabella 4-4, i colori indicano i seguenti range di frequenza:

- ✓ Bianco: frequenza interazione <  $10^{-7}$  interazioni/anno
- ✓ Blu: frequenza interazione compresa tra  $10^{-7}$  e  $10^{-6}$  interazioni/anno
- ✓ Verde: frequenza interazione compresa tra  $10^{-6}$  e  $10^{-5}$  interazioni/anno
- ✓ Giallo: frequenza interazione compresa tra  $10^{-5}$  e  $10^{-4}$  interazioni/anno
- ✓ Arancione: frequenza interazione compresa tra  $10^{-4}$  e  $10^{-3}$  interazioni/anno

Tabella 4-4: Frequenza di interazione complessiva calcolata per ciascun aerogeneratore

Target	Frequenza interazione totale [ev/yr]	Target	Frequenza interazione totale [ev/yr]	Target	Frequenza interazione totale [ev/yr]
1	4.9E-07	26	8.6E-05	51	<1E-07
2	<1E-07	27	8.6E-05	52	<1E-07
3	<1E-07	28	1.9E-05	53	4.9E-07
4	8.6E-05	29	<1E-07	54	<1E-07
5	2.9E-06	30	4.9E-07	55	1.2E-06
6	8.7E-05	31	<1E-07	56	1.9E-05
7	1.9E-05	32	1.9E-05	57	8.6E-05
8	1.9E-05	33	8.6E-05	58	1.9E-05
9	1.2E-06	34	1.2E-06	59	1.2E-06
10	1.2E-06	35	<1E-07	60	1.2E-06
11	8.6E-05	36	4.9E-07	61	8.6E-05
12	8.6E-05	37	<1E-07	62	8.6E-05
13	1.9E-05	38	1.9E-05	63	1.9E-05
14	1.2E-06	39	8.6E-05	64	8.6E-05
15	1.2E-06	40	4.9E-07	65	1.2E-06
16	1.9E-05	41	<1E-07	66	<1E-07
17	8.6E-05	42	1.2E-06	67	4.9E-07
18	1.2E-06	43	1.9E-05	68	4.9E-07
19	1.2E-06	44	<1E-07	69	9.0E-05
20	1.9E-05	45	<1E-07	70	4.9E-07
21	8.6E-05	46	1.2E-06	71	<1E-07
22	1.9E-05	47	1.2E-06	72	1.2E-06
23	<1E-07	48	8.6E-05	73	1.9E-05
24	<1E-07	49	1.9E-05	74	8.9E-05
25	1.2E-06	50	<1E-07	SS1	8.6E-05
				SS2	8.6E-05

### 4.2.3 Cavidotti

Sulla base dell'elaborazione dei dati AIS, per i cavidotti oggetto del presente studio è stata calcolata la frequenza di interazione con attività esterne legate al traffico marittimo nelle zone interessate. I cavidotti per cui è stata condotta l'analisi sono quelli che collegano il campo a terra.

Si ricorda che le rotte intersecanti i cavidotti appartenenti a navi per cui non sono disponibili le caratteristiche dimensionali non sono state considerate contribuire alla frequenza di interazione.

Il cavidotto non è stato considerato esposto al rischio di interazione con il traffico marittimo nella sua interezza, infatti, verso il parco è presente una zona di interdizione alla navigazione e pertanto la porzione di cavidotto all'interno della zona di interdizione non è stata considerata esposta al rischio di interazione.

I principali risultati sono forniti in forma grafica e tabellare. In particolare, di seguito sono riportati:

- ✓ Frequenza di interazione, per KP di cavidotto, con navi in affondamento, caduta di ancore o caduta di container (Tabella 4-5, Figura 4-13);

- ✓ Frequenza di interazione, per KP di cavidotto, con navi da pesca, specificatamente per l'attività di pesca a strascico (Tabella 4-5, Figura 4-14).

**Tabella 4-5: Frequenza di interazione con cavidotti per ciascun contributo legato al traffico marittimo, caratterizzato per KP di cavidotto**

KP	Frequenza interazione con navi in affondamento [interazioni / km / anno]	Frequenza interazione con caduta container [interazioni / km / anno]	Frequenza interazione con ancoraggi [interazioni / km / anno]	Frequenza interazione con navi da pesca a strascico [interazioni / km / anno]
0 (Parco Eolico)	1.1E-06	4.0E-08	9.0E-06	5
1	2.1E-06	9.3E-08	1.7E-05	12
2	2.8E-06	1.5E-07	2.0E-05	1
3	1.6E-06	8.3E-08	1.4E-05	3
4	1.3E-06	6.8E-08	1.2E-05	5
5	8.4E-07	5.0E-08	8.7E-06	13
6	6.0E-07	3.9E-08	6.7E-06	13
7	5.8E-07	3.6E-08	6.0E-06	11
8	5.6E-07	3.5E-08	5.9E-06	12
9	4.4E-07	2.8E-08	4.7E-06	8
10	5.7E-07	3.5E-08	5.4E-06	9
11	3.1E-07	1.9E-08	3.2E-06	5
12	2.3E-07	1.2E-08	3.4E-06	12
13	4.5E-07	1.7E-08	5.3E-06	11
14	2.7E-07	1.4E-08	3.5E-06	11
15	3.6E-07	1.9E-08	4.6E-06	8
16	2.2E-07	1.2E-08	3.0E-06	8
17	2.3E-07	1.4E-08	4.1E-06	15
18	1.4E-07	8.9E-09	2.8E-06	10
19	1.9E-07	1.3E-08	4.3E-06	27
20	2.6E-07	1.9E-08	6.3E-06	40
21	2.6E-07	1.1E-08	9.6E-06	91
22	4.2E-07	2.4E-08	1.1E-05	88
23	2.5E-07	1.3E-08	1.1E-05	103
24	3.3E-07	1.4E-08	1.2E-05	110
25	3.8E-07	2.8E-08	9.9E-06	61
26	4.2E-07	2.8E-08	1.1E-05	70
27	3.6E-07	2.2E-08	1.1E-05	95
28	3.8E-07	2.0E-08	1.0E-05	73
29	2.3E-07	1.8E-08	5.5E-06	26

KP	Frequenza interazione con navi in affondamento [interazioni / km / anno]	Frequenza interazione con caduta container [interazioni / km / anno]	Frequenza interazione con ancoraggi [interazioni / km / anno]	Frequenza interazione con navi da pesca a strascico [interazioni / km / anno]
30	2.6E-07	2.1E-08	8.1E-06	61
31	2.9E-07	3.3E-08	7.0E-06	28
32	2.6E-07	2.8E-08	7.2E-06	39
33	3.7E-07	2.3E-08	9.0E-06	57
34	3.2E-07	2.3E-08	1.1E-05	86
35	5.0E-07	3.7E-08	7.9E-06	30
36	7.6E-07	4.6E-08	1.4E-05	84
37	2.0E-06	1.5E-07	1.7E-05	48
38	4.4E-06	2.6E-07	3.4E-05	58
39	5.8E-06	5.1E-07	4.5E-05	96
40	3.0E-06	1.3E-07	3.2E-05	66
41	8.4E-07	1.4E-07	2.6E-05	0
42	6.8E-08	1.0E-09	8.6E-06	0
43	3.2E-09	7.0E-20	5.3E-07	0

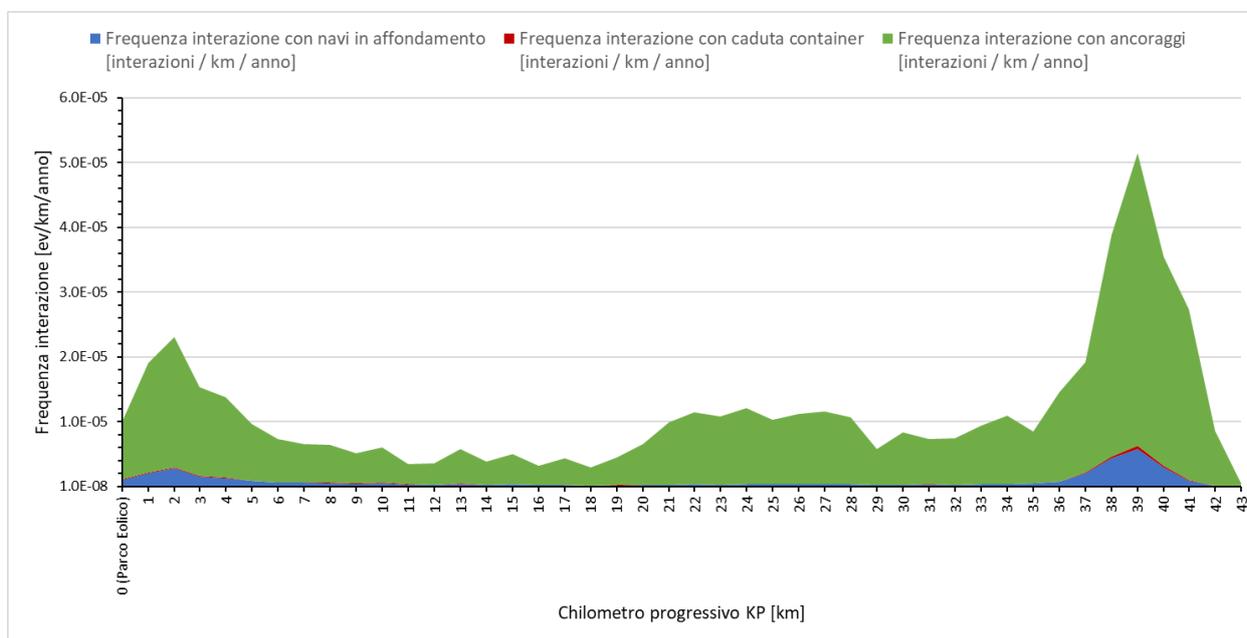


Figura 4-13: Frequenza interazione con cavidotti per ciascun contributo legato al traffico marittimo, caratterizzato per KP di cavidotto



Figura 4-14: Frequenza interazione con cavidotti per imbarcazioni adibite alla pesca a strascico, caratterizzato per KP di cavidotto

Dall'analisi dei dati è possibile osservare che:

- ✓ Per tutti i KP di cavidotto, le cause di maggiore interazione sono l'ancoraggio accidentale e l'affondamento della nave
- ✓ Gli ultimi 3 km del cavidotto verso terra hanno una profondità inferiore ai 50 metri e pertanto le interazioni con la pesca a strascico sono 0 (pesca a strascico illegale). Per tutti gli altri KP del cavidotto, la pesca a strascico potrebbe costituire un potenziale problema; tuttavia, è bene ricordare che i risultati relativi alla pesca a strascico sono stati calcolati considerando cautelativamente che:
  - tutti i passaggi di navi da pesca appartengono a imbarcazioni adibite alla pesca a strascico (informazione non specificata nei dati AIS);
  - tutti i passaggi corrispondono ad attività di pesca in corso;
 pertanto, l'informazione riportata in Tabella 4-5 e Figura 4-14 rappresenta più correttamente il numero di passaggi annuali di navi da pesca per ogni KP di cavidotto; infatti, per ottenere la reale frequenza di interazione con i cavidotti occorre conoscere la reale tipologia di pesca condotta e il dato di probabilità di pesca in corso nel momento in cui avviene l'imbarcazione interseca la il percorso dei cavidotti.
- ✓ Il KP 39 è il chilometro di cavidotto con una maggior frequenza di rottura complessiva (5.2E-05 eventi all'anno).
- ✓ La frequenza di rottura del cavidotto è:
  - Nell'ordine di  $10^{-7}$  interazioni anno per 1 km
  - Nell'ordine di  $10^{-6}$  interazioni anno per 24 km
  - Nell'ordine di  $10^{-5}$  interazioni anno per 19 km

## 4.3 MISURE MITIGATIVE

### 4.3.1 Aerogeneratori e sottostazioni

Esempi di misure che posso portare ad una riduzione della frequenza di interazione per le strutture galleggianti sono:

- ✓ L'adozione di un limite di velocità delle navi che transitano in prossimità del parco eolico;
- ✓ L'utilizzo di sistemi di segnalamento marittimo;
- ✓ Zona di interdizione alla navigazione attorno al parco eolico.
- ✓ Presenza di standby vessel in corrispondenza del parco eolico
- ✓ Sirena antinebbia installata, ad esempio, in corrispondenza degli aerogeneratori perimetrali
- ✓ RACON (ovvero il faro radar)

### 4.3.2 Cavidotti

Come misura di mitigazione, una possibile soluzione potrebbe essere quella di prevedere l'interramento dei cavi, ove fattibile. Per interazioni dovute alla pesca a strascico, questa soluzione mitigativa è un'efficace soluzione di protezione. È opportuno osservare anche che, se la profondità di interrimento è sufficiente da isolare i cavi da eventuali impatti con ancore, si otterrebbe una riduzione della frequenza di interazione significativa (in quanto l'ancoraggio accidentale costituisce un'importante causa di interazione).

## REFERENZE

- [1] Risk Assessment of Pipeline Protection, Recommended Practice No. DNVGL-RP-F107
- [2] COST 301, 1988 – Shore Based marine navigation aid system
- [3] Review of maritime transport, 2010 - United Nations Conference on trade and development
- [4] Bello G.C., Colombari V., "The human factor in risk analysis of process plants: the control room operator model 'Teseo'", Reliability Engineering, 1980
- [5] <http://www.maersk.com/>
- [6] Recommended Failure Rates for Pipelines", DNV-GL, Report No. 2017-0547 Rev.2
- [7] DNV-ST-F101
- [8] Container Lost at Sea 2022 Update – World shipping council



**RINA Consulting S.p.A.** | Società soggetta a direzione e coordinamento amministrativo e finanziario del socio unico RINA S.p.A.  
Via Cecchi, 6 - 16129 GENOVA | P. +39 010 31961 | [rinaconsulting@rina.org](mailto:rinaconsulting@rina.org) | [www.rina.org](http://www.rina.org)  
C.F./P. IVA/R.I. Genova N. 03476550102 | Cap. Soc. € 20.000.000,00 i.v.