

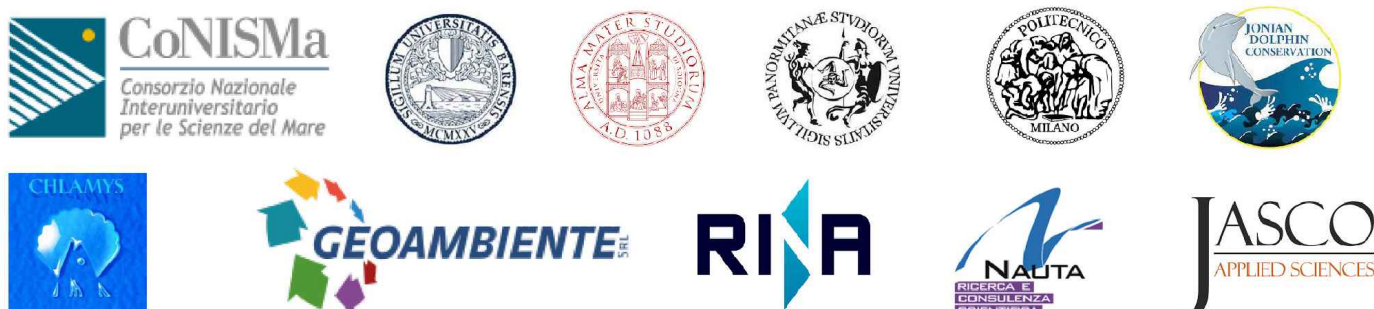
PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO PER LA
PRODUZIONE DI ENERGIA MEDIANTE LO SFRUTTAMENTO DEL VENTO
NEL MARE ADRIATICO MERIDIONALE - LUPIAE MARIS
35 WTG – 525 MW

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



INDICE

	Pag.
LISTA DELLE TABELLE	2
LISTA DELLE FIGURE	2
ABBREVIAZIONI E ACRONIMI	3
1 PREMESSA	4
1.1 INQUADRAMENTO DEL PROGETTO	4
2 METODOLOGIA	5
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
3 ASSUNZIONI E IPOTESI ALLA BASE DEI RISULTATI	14
3.1 AEROGENERATORI O SOTTOSTAZIONI	14
3.2 CAVIDOTTI	14
4 RISULTATI	16
4.1.1 Distribuzione rotte in assenza del parco eolico	16
4.1.2 Distribuzione rotte in seguito all'installazione del parco eolico	20
4.2 FREQUENZA DI INTERAZIONE	21
4.2.1 Aerogeneratori e sottostazioni	21
4.2.2 Cavidotti	25
4.3 MISURE MITIGATIVE	27
4.3.1 Aerogeneratori e sottostazioni	27
4.3.2 Cavidotti	28
REFERENZE	29

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	16
Tabella 4-2:	Colori identificativi usati per tracciare le rotte appartenenti alle diverse classi GRT	17
Tabella 4-3:	Frequenza di interazione complessiva calcolata per ciascun aerogeneratore	23
Tabella 4-4:	Contributo delle singole classi di navi alla frequenza di interazione complessiva per ciascun aerogeneratore	23
Tabella 4-5:	Frequenza di interazione con cavidotti per ciascun contributo legato al traffico marittimo, caratterizzato per KP di cavidotto	25

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	17
Figura 4-3:	Traffico marittimo 2021 – GRT 2	18
Figura 4-4:	Traffico marittimo 2021 – GRT 3	18
Figura 4-5:	Traffico marittimo 2021 – GRT 4	19
Figura 4-6:	Traffico marittimo 2021 – GRT 5	19
Figura 4-7:	Traffico marittimo 2021 – GRT 6	20
Figura 4-8:	Corridoi di traffico in seguito all'installazione del parco eolico	21
Figura 4-9:	Denominazione aerogeneratori e sottostazioni	22
Figura 4-10:	Frequenza interazione con cavidotti per ciascun contributo legato al traffico marittimo, caratterizzato per KP di cavidotto	26
Figura 4-11:	Frequenza interazione con cavidotti per imbarcazioni adibite alla pesca a strascico, caratterizzato per KP di cavidotto	27

ABBREVIAZIONI E ACRONIMI

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

1 PREMESSA

La presente relazione è stata redatta al fine di valutare il rischio legato alla navigazione per il parco eolico offshore di Brindisi 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 è ubicata nel Mar Adriatico, nello specchio di acqua ad Est di Brindisi a distanze comprese tra i 16 km (aerogeneratori più prossimi alla costa) e i 22 km (aerogeneratori più a largo) rispetto alla costa.

Il parco eolico è composto da 35 aerogeneratori e una sottostazione elettrica.



Figura 1-1: Inquadramento generale del progetto

2 METODOLOGIA

2.1 IDENTIFICAZIONE DEGLI SCENARI DI INTERAZIONE

Nella presente analisi sono stati analizzati i 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 dall'elaborazione di 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 sono stati acquisiti i dati AIS relativi all'anno solare 2021.

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 solitamente milioni 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.

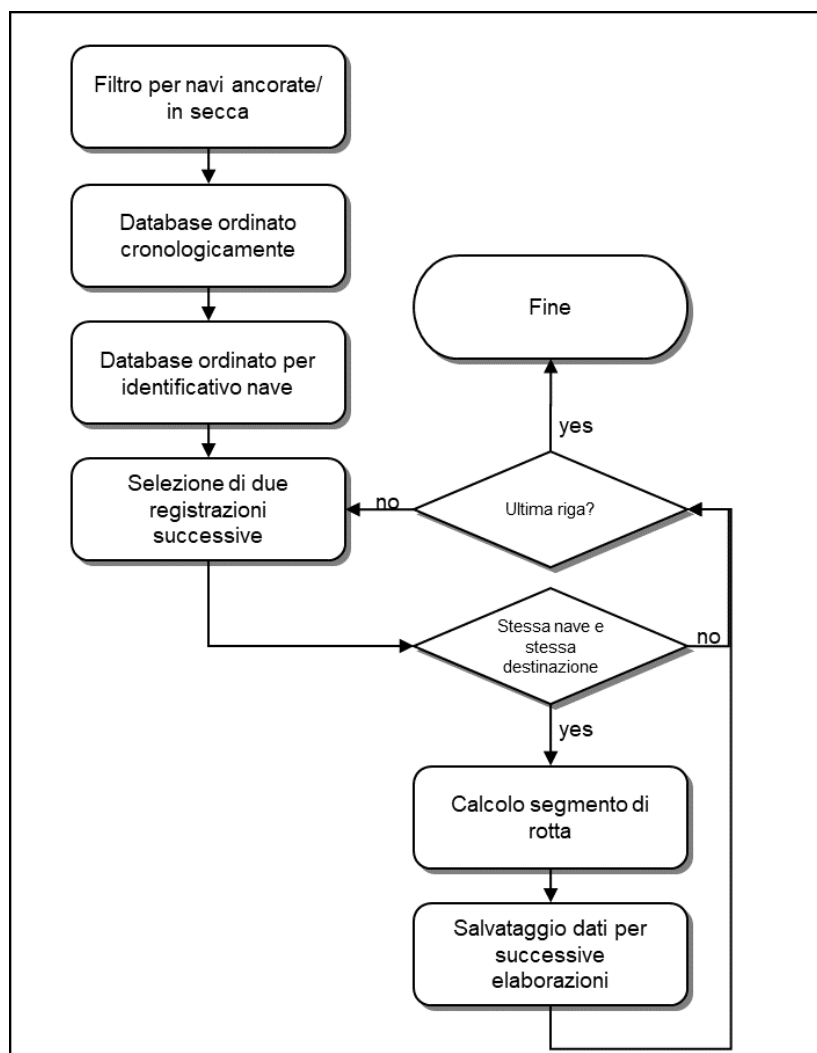


Figura 2-1: Passi della routine automatica per l'elaborazione

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 seguano corridoi di traffico principali (navi commerciali e navi di grossa stazza), la frequenza di impatto per il target j-esimo può essere stimata come [1]:

$$f_{\text{impatto},j} = \sum_k \sum_i N_{i,k} \cdot P_1 \cdot P_2 \cdot P_3$$

Dove:

- ✓ j: indice identificativo del target potenzialmente soggetto ad impatto;
- ✓ i: indice identificativo di una specifica classe di navi;
- ✓ k: indice identificativo di uno specifico corridoio di traffico;
- ✓ $N_{i,k}$: frequenza annuale di passaggi nave della i-esima classe nel k-esimo corridoio di traffico (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, a ciascuna classe di nave potenzialmente impattante e a ciascun corridoio di traffico identificato.

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 (come, per esempio, nel caso del traffico da diporto o per le operazioni di pescherecci), la frequenza di impatto per il target j-esimo può essere stimata 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 espressa in km/ora;
- ✓ D: è il diametro di collisione (definito come somma di estensione del target in direzione perpendicolare alla rotta e larghezza della nave media) espresso in km;
- ✓ ρ : densità delle navi per km²;
- ✓ 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 " $365 \cdot 24 \cdot V$ " fornisce la distanza totale percorsa da una nave in un anno;
- ✓ Moltiplicando il termine " $365 \cdot 24 \cdot V$ " 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 per ciascun corridoio di traffico.

La distribuzione delle rotte nell'area di interesse può essere ricavata dall'elaborazione dei dati AIS utilizzando la routine descritta precedentemente. Una volta che le registrazioni sono state elaborate e le rotte identificate, è possibile rappresentare graficamente l'insieme dei passaggi nave grazie all'ausilio di un software GIS (Geographic

Information System); il risultato dell'elaborazione grafica verrà presentata nei risultati. I corridoi di traffico, identificati qualitativamente sulla base dei risultati GIS, possono essere caratterizzati con l'ausilio di linee di controllo georeferenziate; fornendo come input le rotte calcolate e la linea di controllo georeferenzata, la routine è in grado di calcolare il numero di rotte che la intersecano la linea di controllo, la coordinata dell'intersezione, la coordinata progressiva rispetto all'origine della linea di controllo e le caratteristiche della nave in corrispondenza dell'intersezione (velocità, direzione, pescaggio, ecc.).

Definendo in maniera opportuna le linee di controllo georeferenziate (in termini di posizione ed estensione), è possibile quindi valutare, oltre al numero di passaggi per quel corridoio di traffico, anche la distribuzione statistica dei principali parametri (posizione, velocità ecc.). Dividendo il numero di passaggi per l'estensione temporale coperta dalle registrazioni dei dati AIS, è possibile ottenere la frequenza annuale di passaggi nave per ciascun corridoio.

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 totale 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, data l'avaria che ha causato la perdita di controllo, la nave sia in rotta di collisione con il target considerato. Per il calcolo della P_2 si assume che la traiettoria della nave non subisca variazioni successivamente all'evento che ha causato la perdita di controllo, ossia, che la nave mantenga 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 generalmente approssimabile tramite l'utilizzo di una distribuzione normale (centrata nel corridoio), come illustrato nella seguente figura [1].

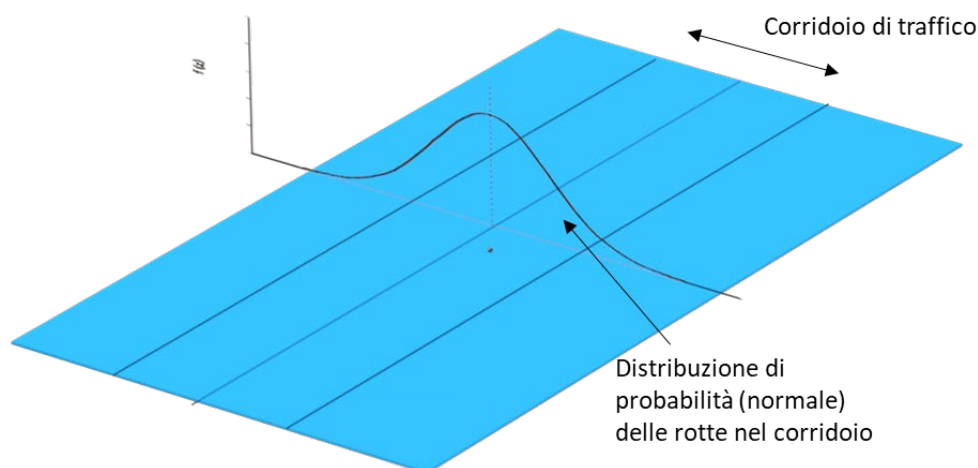


Figura 2-2: Distribuzione normale della posizione delle rotte all'interno del corridoio di traffico

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);
- ✓ δ è la deviazione standard della distribuzione standard che descrive il numero di passaggi nave lungo la coordinata progressiva della retta di controllo;
- ✓ x è la distanza tra il centro del corridoio e il target.

Il calcolo della deviazione standard (δ) 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 δ 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.

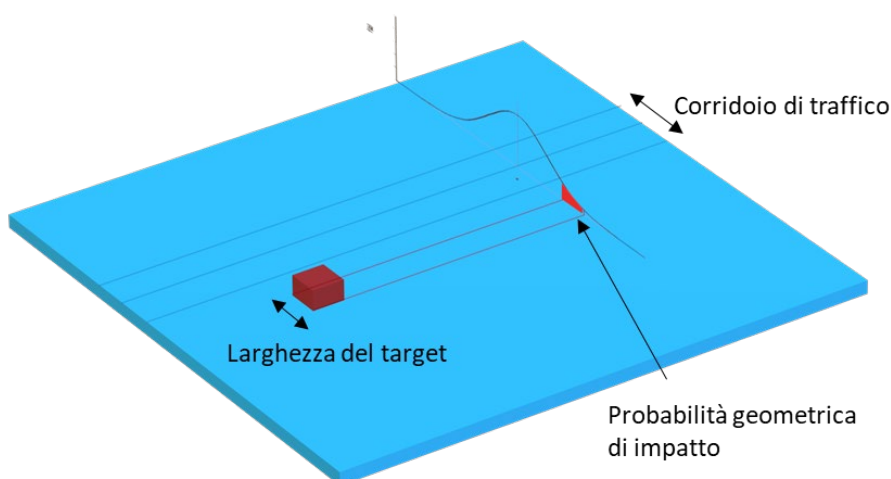


Figura 2-3: Probabilità di entrare in rotta di collisione con il target

2.3.1.1.6 Probabilità di fallimento di eventuali barriere mitigative (P3)

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 P3 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	Classe GRT [ton]	F affondamento [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 perdita di carico dalle navi si fa riferimento all'evento rappresentativo della perdita di un container. La percentuale di container persi all'anno è stimata pari allo 0.001% del traffico totale di container (dato fornito da World shipping Council [8]); dividendo tale valore per il numero medio di giorni di navigazione di una nave porta container (255 giorni) [6][3] si ottiene una frequenza di perdita / caduta di container 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. 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. Tuttavia, in caso di errore umano (mancato rispetto della zona di interdizione all'ancoraggio) e in caso di avaria, potrebbe verificarsi un ancoraggio di emergenza all'interno di tali aree. Il fattore relativo all'errore umano deve quindi 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 (ancoraggio incontrollato) [6]. In questa situazione è possibile che la nave prosegua la sua navigazione senza rendersene conto trascinando quindi l'ancora sul fondale per diversi chilometri. Il DNV [6] riporta che tale scenario può essere a sua volta diviso in 3 sottoscenari:

1. **Ancoraggio incontrollato identificato entro 1 km di navigazione senza raggiungere la massima profondità di penetrazione:** i motivi che permettono l'identificazione dell'evento sono principalmente legati a vibrazioni e rumori. Al presente sottoscenario è associata una frequenza di $2 \cdot 10^{-8}$ ev/attraversamenti [6];
2. **Ancoraggio incontrollato identificato entro 1 km di navigazione con raggiungimento della massima profondità di penetrazione:** al presente scenario viene associata una frequenza di $1.7 \cdot 10^{-9}$ ev/attraversamenti [6];
3. **Ancoraggio incontrollato non identificato:** 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 [6].

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)
- ✓ ϑ è l'angolo di intersezione tra nave e cavidotto o tubazioni (compreso tra 0° e 90°)

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]:

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

Dove μ 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 una 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 e di ancoraggio incontrollato.

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

Dove μ_{ancora} è la somma della frequenza di ancoraggio di emergenza e la frequenza di ancoraggio incontrollato, L è la lunghezza di interazione tra l'ancora e cavidotto/tubazione, 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.

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 μ_{ancora} è la frequenza di ancoraggio di emergenza, L è la lunghezza di interazione tra trascinamento dell'ancora sul fondale marino e cavidotto/tubazione, 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 un ancoraggio incontrollato e la struttura sottomarina può essere invece calcolata con la seguente formula:

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

Dove μ_{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 in trascinamento e struttura sottomarina si calcola come segue:

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

2.3.2.4 Frequenza di interazione con navi da pesca

Anzitutto, va osservato che tra le navi da pesca, solo le imbarcazioni che operano pesca a strascico possono arrecare danni ai cavidotti/tubazioni sottomarine. Pertanto ai fini dell'analisi delle frequenze di interazione solo queste ultime vengono considerate.

La frequenza di interazione tra reti a strascico e cavidotto/tubazioni è stata valutata sulla base dei risultati dell'analisi dei dati AIS di 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 stato considerato 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 2021 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 ridistribuire 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

1. 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;
2. Trattandosi di cavidotti deposti sul fondale marino, è ragionevole assumere che ogni tipo di interazione possa essere tale da portare alla rottura del cavo;
3. 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;
4. 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];

-
5. Il numero di passaggi nave e la loro distribuzione lungo i cavidotti sono stati valutati utilizzando la distribuzione attuale di traffico marittimo.

4 RISULTATI

L'analisi del traffico marittimo nell'area prevista per il parco eolico è stata effettuata sulla base dell'elaborazione dei dati di traffico navale rilevato dai tracciati AIS e condotta su un'area di circa 3400 km² intorno alla posizione del parco.

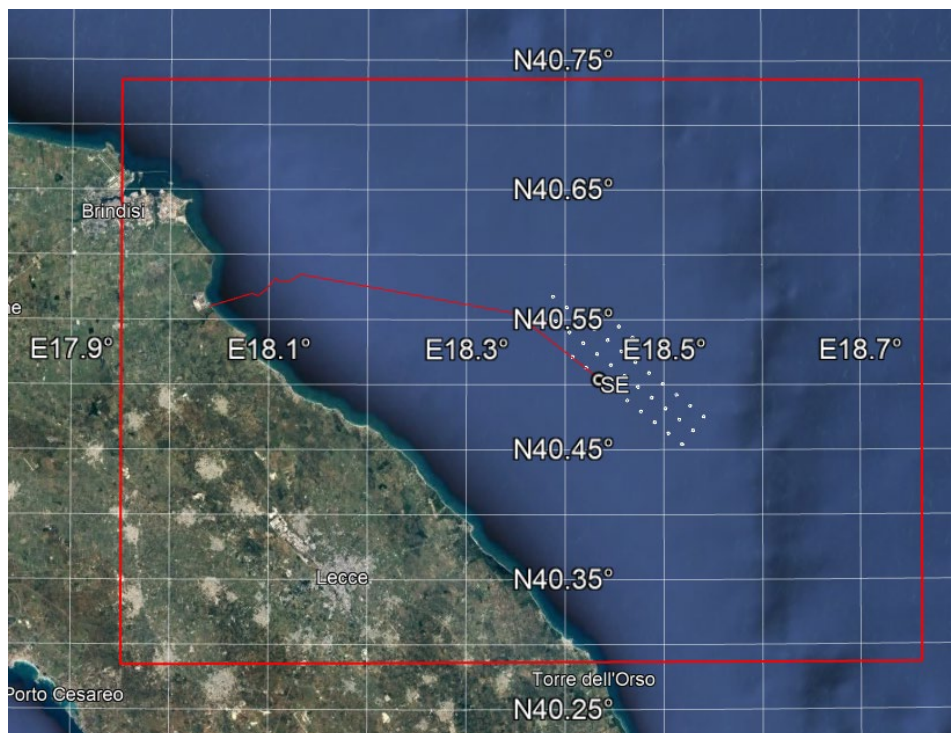


Figura 4-1: Identificazione dell'area di interesse

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
NULL	NULL

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

Classe GRT	Colore
GRT 1	Pink
GRT 2	Red
GRT 3	Green
GRT 4	Purple
GRT 5	Blue
GRT 6	Orange

La dicitura "NULL" rappresenta tutte quelle navi per cui non si dispone di informazioni inerenti alla stazza e non è quindi possibile stabilire la relativa classe GRT.

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.

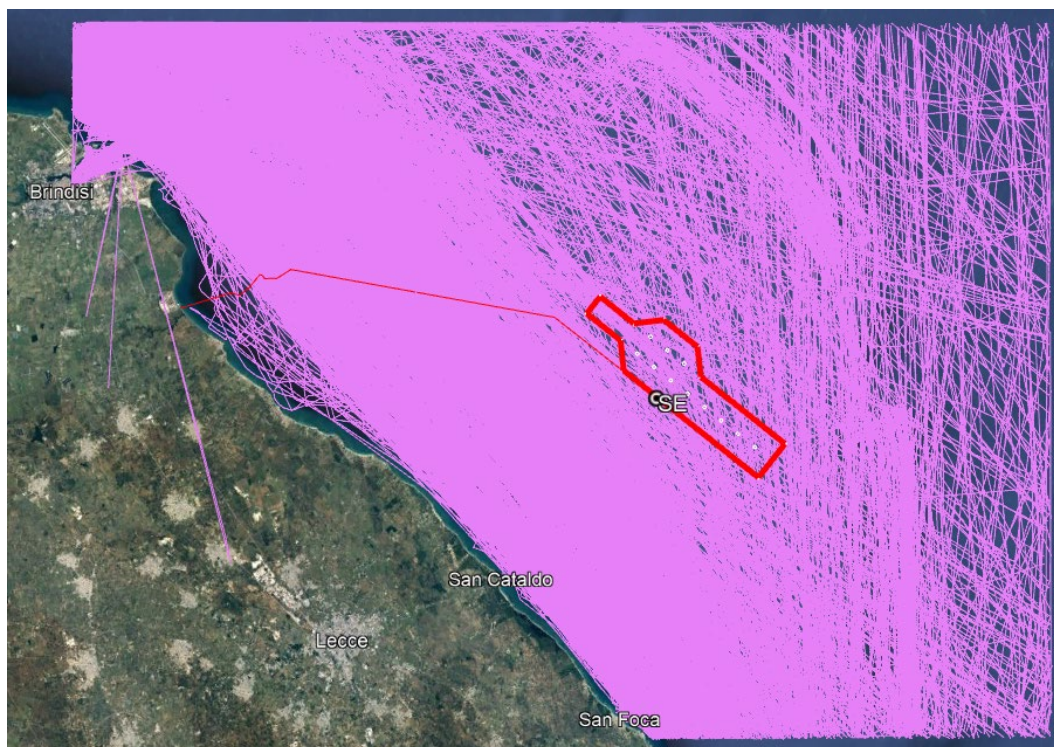


Figura 4-2: Traffico marittimo 2021 – GRT 1



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

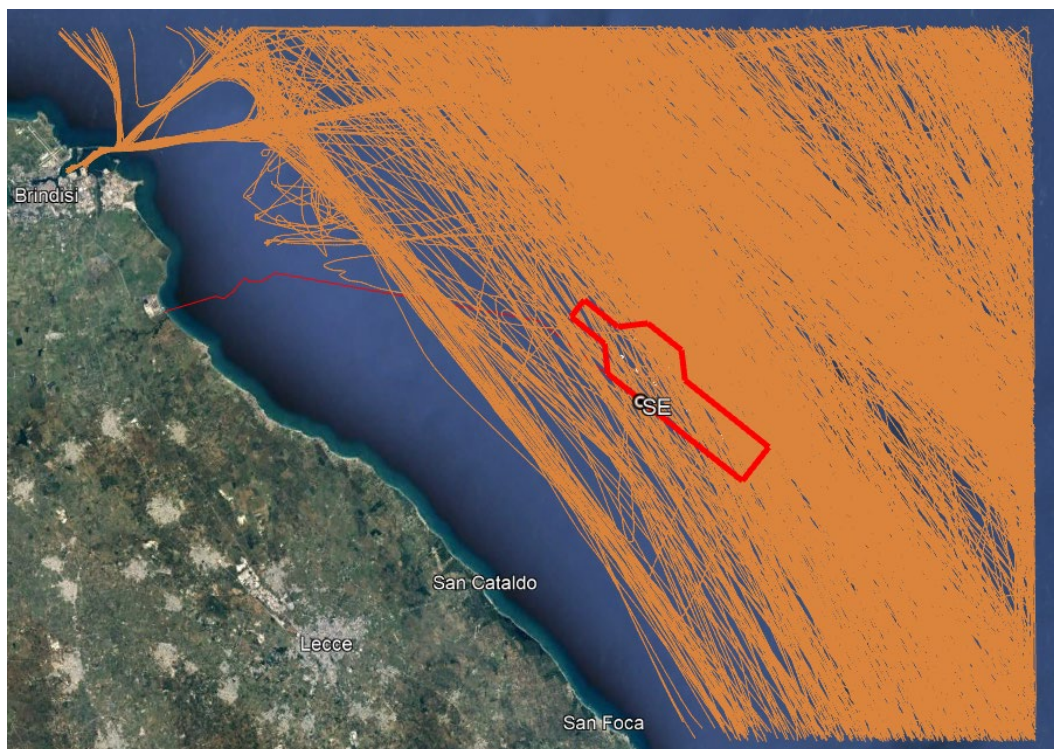


Figura 4-7: Traffico marittimo 2021 – GRT 6

Osservando le figure riportate sopra si può notare che per tutte le classi di stazza GRT è presente un grande corridoio di traffico che si sviluppa parallelamente alla costa e che attraversa la posizione in cui sarà installato il parco eolico. Sono altresì presenti alcuni corridoi di entrata e uscita dal porto di Brindisi che non interferiscono con la posizione in cui sarà installa il parco eolico.

4.1.2 Distribuzione rotte in seguito all'installazione del parco eolico

Per quanto riguarda la redistribuzione del traffico marittimo passante nella zona in cui sarà presente il parco, le rotte sono state ricollocate sulla base di considerazioni ingegneristiche e facendo riferimento all'attuale distribuzione delle rotte stesse.

In seguito all'installazione del parco eolico è stato ipotizzato che il corridoio attualmente presente si dividerà formando 2 corridoi di traffico:

- ✓ **Corridoio 1:** Corridoio direzione NO-SE passante a Nord-Est del parco eolico;
- ✓ **Corridoio 2:** Corridoio direzione NO-SE passante a Sud-Ovest del parco eolico.



Figura 4-8: Corridoi di traffico in seguito all'installazione del parco eolico

4.2 FREQUENZA DI INTERAZIONE

4.2.1 Aerogeneratori e sottostazioni

Nella seguente Figura 4-9 è mostrata la denominazione di ogni aerogeneratore e sottostazione:

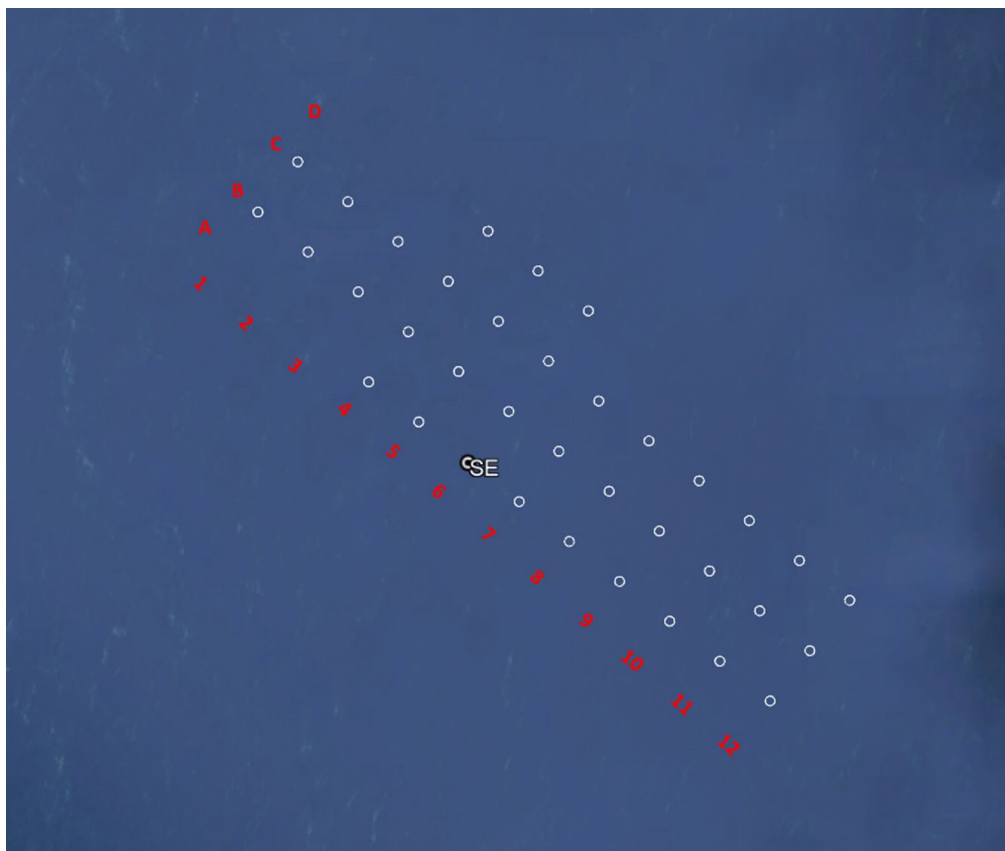


Figura 4-9: Denominazione aerogeneratori e sottostazioni

La denominazione degli aerogeneratori fa riferimento alla colonna e alla riga a cui appartiene ogni aerogeneratore. In particolare, è stata attribuita una lettera (A, B, C, D) ad ogni colonna e un numero (1, 2, 3, 4, ecc.) ad ogni riga; è quindi possibile identificare ogni aerogeneratore in base all'intersezione tra la riga e la colonna: l'aerogeneratore che appartiene alla riga 8 e alla colonna B sarà quindi denominato "B8".

Sulla base delle ipotesi fatte al paragrafo precedente, la frequenza di interazione del traffico marittimo con gli aerogeneratori è stata calcolata rispetto ai principali corridoi di traffico lungo cui le rotte sono state assunte disporsi una volta che il parco eolico sarà installato.

Infine, le rotte sono state assunte essere distribuite secondo una distribuzione gaussiana (con valore medio centrato nel corridoio) nell'ampiezza del corridoio.

In Tabella 4-3, 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 4-3: Frequenza di interazione complessiva calcolata per ciascun aerogeneratore

Target	Frequenza interazione totale [ev/yr]	Target	Frequenza interazione totale [ev/yr]
A4	5.3E-05	B11	1.9E-06
A5	5.3E-05	B12	1.9E-06
A7	5.3E-05	C1	2.2E-05
A8	5.3E-05	C2	2.2E-05
A9	5.3E-05	C3	2.2E-05
A10	5.3E-05	C4	2.2E-05
A11	5.3E-05	C5	2.2E-05
A12	5.3E-05	C6	2.2E-05
B1	1.9E-06	C7	2.2E-05
B2	1.9E-06	C8	2.2E-05
B3	1.9E-06	C9	2.2E-05
B4	1.9E-06	C10	2.2E-05
B5	1.9E-06	C11	2.2E-05
B6	1.9E-06	C12	2.2E-05
B7	1.9E-06	D4	2.6E-04
B8	1.9E-06	D5	2.6E-04
B9	1.9E-06	D6	2.6E-04
B10	1.9E-06	SE	5.3E-05

Infine, un'ulteriore informazione utile è il contributo alla frequenza di interazione complessiva di ciascuna classe di navi che sono state calcolate transitare nei corridoi identificati. Questa specifica è riportata in Tabella 4-4. In Tabella, i colori indicano:

- ✓ Bianco: % rotte inferiore ad 1%
- ✓ Blu: % rotte comprese tra 1% e 25 %
- ✓ Verde: % rotte comprese tra 25 e 50 %
- ✓ Giallo: % rotte comprese tra 50 e 75 %
- ✓ Arancione: % rotte comprese tra 75 e 100 %

Tabella 4-4: Contributo delle singole classi di navi alla frequenza di interazione complessiva per ciascun aerogeneratore

Target	Frequenza interazione totale [ev/yr]					
	GRT 1	GRT 2	GRT 3	GRT 4	GRT 5	GRT 6
A4	5%	23%	16%	37%	15%	5%
A5	5%	23%	16%	37%	15%	5%
A7	5%	23%	16%	37%	15%	5%
A8	5%	23%	16%	37%	15%	5%
A9	5%	23%	16%	37%	15%	5%
A10	5%	23%	16%	37%	15%	5%

Target	Frequenza interazione totale [ev/yr]					
	GRT 1	GRT 2	GRT 3	GRT 4	GRT 5	GRT 6
A11	5%	23%	16%	37%	15%	5%
A12	5%	23%	16%	37%	15%	5%
B1	6%	20%	16%	37%	15%	6%
B2	6%	20%	16%	37%	15%	6%
B3	6%	20%	16%	37%	15%	6%
B4	6%	20%	16%	37%	15%	6%
B5	6%	20%	16%	37%	15%	6%
B6	6%	20%	16%	37%	15%	6%
B7	6%	20%	16%	37%	15%	6%
B8	6%	20%	16%	37%	15%	6%
B9	6%	20%	16%	37%	15%	6%
B10	6%	20%	16%	37%	15%	6%
B11	6%	20%	16%	37%	15%	6%
B12	6%	20%	16%	37%	15%	6%
C1	6%	18%	17%	37%	15%	7%
C2	6%	18%	17%	37%	15%	7%
C3	6%	18%	17%	37%	15%	7%
C4	6%	18%	17%	37%	15%	7%
C5	6%	18%	17%	37%	15%	7%
C6	6%	18%	17%	37%	15%	7%
C7	6%	18%	17%	37%	15%	7%
C8	6%	18%	17%	37%	15%	7%
C9	6%	18%	17%	37%	15%	7%
C10	6%	18%	17%	37%	15%	7%
C11	6%	18%	17%	37%	15%	7%
C12	6%	18%	17%	37%	15%	7%
D4	6%	18%	17%	37%	15%	7%
D5	6%	18%	17%	37%	15%	7%
D6	6%	18%	17%	37%	15%	7%
SE	5%	23%	16%	37%	15%	5%

Dall'analisi dei risultati presentati è possibile osservare che:

- ✓ 12 aerogeneratori (33% del totale) hanno una frequenza di interazione nell'ordine di 10^{-6} interazioni/anno;
- ✓ 20 aerogeneratori (56% del totale) hanno una frequenza di interazione nell'ordine di 10^{-5} interazioni/anno;
- ✓ 3 aerogeneratori (8% del totale) hanno una frequenza di interazione nell'ordine di 10^{-4} interazioni/anno;
- ✓ La sottostazione elettrica ha una frequenza di interazione nell'ordine di 10^{-5} interazioni/anno.

4.2.2 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 4-10);
- ✓ Frequenza di interazione, per KP di cavidotto, con navi da pesca, specificatamente per l'attività di pesca a strascico (Tabella 4-5, Figura 4-11).

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)	2.2E-05	9.9E-07	3.6E-04	0
1	4.2E-05	1.9E-06	7.0E-04	4
2	4.3E-05	1.8E-06	7.0E-04	2
3	4.2E-05	1.8E-06	6.8E-04	2
4	4.3E-05	1.8E-06	7.1E-04	12
5	4.3E-05	1.8E-06	7.1E-04	6
6	3.7E-05	1.7E-06	5.7E-04	20
7	2.3E-05	1.2E-06	2.8E-04	10
8	2.4E-05	1.2E-06	3.1E-04	17
9	2.1E-05	1.1E-06	2.7E-04	8
10	2.1E-05	1.1E-06	2.6E-04	13
11	2.0E-05	1.0E-06	2.6E-04	13
12	2.0E-05	1.1E-06	2.6E-04	30
13	2.0E-05	1.2E-06	2.6E-04	36
14	1.8E-05	8.9E-07	2.3E-04	23
15	1.7E-05	8.5E-07	2.2E-04	41
16	1.7E-05	8.1E-07	2.1E-04	42
17	1.5E-05	8.5E-07	1.9E-04	28
18	1.5E-05	8.0E-07	1.9E-04	35
19	1.4E-05	7.8E-07	1.8E-04	75
20	1.4E-05	7.0E-07	1.7E-04	23

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]
21	1.2E-05	5.7E-07	1.5E-04	10
22	1.2E-05	5.5E-07	1.4E-04	9
23	1.1E-05	6.0E-07	1.4E-04	4
24	1.1E-05	5.2E-07	1.4E-04	6
25	1.4E-05	6.3E-07	2.3E-04	3
26	1.1E-05	4.5E-07	1.8E-04	1
27	1.3E-05	5.1E-07	2.0E-04	0
28	2.0E-05	6.9E-07	3.6E-04	2
29	1.6E-05	6.8E-07	2.6E-04	1
30	9.5E-06	5.8E-07	1.3E-04	0
31	8.6E-06	4.4E-07	1.1E-04	0
32	7.8E-06	4.2E-07	9.9E-05	0
33	7.5E-06	3.7E-07	9.4E-05	0
34	1.5E-06	7.8E-08	1.9E-05	0

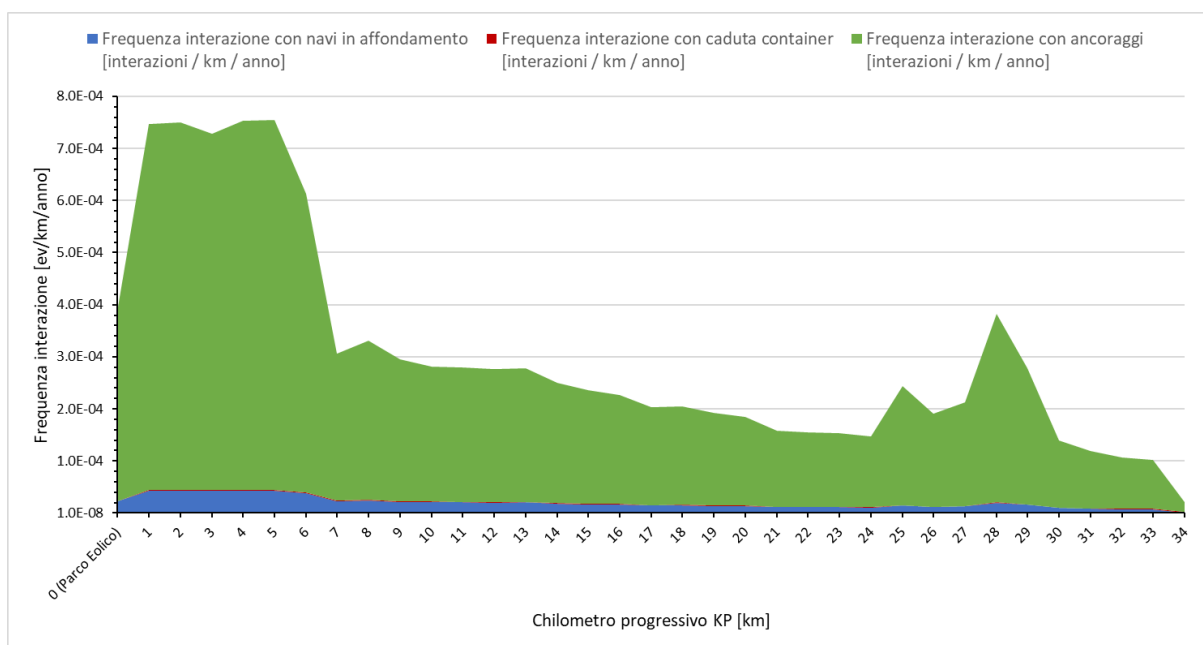


Figura 4-10: Frequenza interazione con cavidotti per ciascun contributo legato al traffico marittimo, caratterizzato per KP di cavidotto



Figura 4-11: Frequenza interazione con cavidotti per imbarcazioni adibite alla pesca a strascico, caratterizzato per KP di cavidotto

Dall'analisi dei dati è possibile osservare che:

- ✓ Gli ultimi 5 km del cavidotto verso terra hanno una profondità inferiore ai 50 metri, viene quindi assunto che le imbarcazioni da pesca di passaggio non stiano pescando a strascico. Per tutti gli altri KP del cavidotto, la pesca a strascico è caratterizzata da frequenze di interazione molto elevate; 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 passaggi corrispondono ad attività di pesca in corso;
 pertanto, l'informazione riportata in Tabella 4-5 e Figura 4-11 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 il percorso dei cavidotti;
- ✓ Il KP 5 è il chilometro di cavidotto con una maggior frequenza di interazione complessiva ($7.54E-04$ eventi all'anno);
- ✓ Omettendo le interazioni con la pesca a strascico, per le quali si raccomanda di prevedere opportune misure mitigative (vedasi capitolo 4.3.2), la frequenza di interazione del cavidotto è:
 - Nell'ordine di 10^{-5} interazioni anno per 1 km,
 - Nell'ordine di 10^{-4} interazioni anno per 34 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

Nonostante la frequenza delle interazioni dovute alla pesca a strascico venga calcolata considerando assunzioni conservative (tutte le navi da pesca stanno trainando la rete a strascico), il valore ottenuto è molto elevato. Si raccomanda pertanto di prevedere una soluzione per evitare l'interazione tra le reti a strascico e il cavidotto, come ad esempio l'interramento del cavidotto o la posa di barriere fisiche che lo proteggano.

È opportuno osservare anche che l'interramento o l'eventuale installazione di una barriera meccanica rappresentano una efficace mitigazione, oltre che per lo scenario di interazione con la pesca a strascico, anche per le interazioni con eventi di interazione con ancore, che costituiscono, in termini di frequenza, 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 | www.rina.org
C.F./P. IVA/R.I. Genova N. 03476550102 | Cap. Soc. € 20.000.000,00 i.v.