



Nereus S.r.l.



Parco Eolico Offshore - Nereus

Relazione di valutazione del rischio legato alla navigazione

Doc. No. P0031639-6-H8 Rev.00 – Aprile 2023

Rev.	Descrizione	Preparato da	Controllato da	Approvato da	Data
00	Prima Emissione	MGA10	MARPO	MARPO	04/04/2023

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

LISTA DELLE TABELLE	2
LISTA DELLE FIGURE	2
ABBREVIAZIONI E ACRONIMI	3
1 PREMESSA	4
1.1 SCOPO DEL DOCUMENTO	5
2 INFORMAZIONI RELATIVE AL PARCO EOLICO	6
3 METODOLOGIA	7
3.1 IDENTIFICAZIONE DEGLI SCENARI DI INTERAZIONE	7
3.2 CALCOLO DELLE FREQUENZE DI INTERAZIONE	7
3.2.1 Analisi del traffico marittimo	7
3.2.2 Interazione con gli aerogeneratori	8
3.2.3 Interazione con i cavidotti	11
4 ASSUNZIONI E IPOTESI ALLA BASE DEI RISULTATI	15
4.1 AEROGENERATORI E SOTTOSTAZIONI	15
4.2 CAVIDOTTI	16
5 RISULTATI	17
5.1 TRAFFICO MARITTIMO	17
5.1.1 Distribuzione rotte in assenza del parco eolico	17
5.1.2 Distribuzione rotte in seguito all'installazione del parco eolico	25
5.2 FREQUENZA DI INTERAZIONE	28
5.2.1 Aerogeneratori e sottostazioni	28
5.2.2 Cavidotti	34
5.3 MISURE MITIGATIVE	37
5.3.1 Aerogeneratori e sottostazioni	37
5.3.2 Cavidotti	37
6 REFERENZE	38

LISTA DELLE TABELLE

Tabella 3-1: Informazioni relative ad ancore tipiche sulla base della stazza della nave	14
Tabella 5-1: Stazza delle navi e corrispondente classe GRT assegnata	18
Tabella 5-2: Colori identificativi usati per tracciare le rotte appartenenti alle diverse classi GRT	18
Tabella 5-3: Caratteristiche corridoi di traffico	26
Tabella 5-4: Frequenza di interazione complessiva calcolata per ciascun aerogeneratore e sottostazione	29
Tabella 5-5: Contributo delle singole classi di navi alla frequenza di interazione complessiva per ciascun aerogeneratore e sottostazione	30
Tabella 5-6: Frequenza di interazione con cavidotti per ciascun contributo legato al traffico marittimo, caratterizzato per KP di cavidotto	34

LISTA DELLE FIGURE

Figura 1-1: Inquadramento Generale del Progetto	4
Figura 2-1: Layout del campo eolico.	6
Figura 3-1: Passi della routine automatica per l'elaborazione	8
Figura 3-2: Distribuzione normale della posizione delle rotte all'interno del corridoio di traffico	10
Figura 3-3: Probabilità di entrare in rotta di collisione	11
Figura 5-1: Identificazione dell'area di interesse	17
Figura 5-2: Traffico marittimo 2021 – GRT 1	19
Figura 5-3: Traffico marittimo 2021 – GRT 2	20
Figura 5-4: Traffico marittimo 2021 – GRT 3	21
Figura 5-5: Traffico marittimo 2021 – GRT 4	22
Figura 5-6: Traffico marittimo 2021 – GRT 5	23
Figura 5-7: Traffico marittimo 2021 – GRT 6	24
Figura 5-8: Corridoi di traffico in seguito all'installazione del parco eolico	25
Figura 5-9: Linee di controllo per la classe GRT 1	27
Figura 5-10: Linee di controllo per le classi GRT 2-3-4-5-6 (mostrate sul traffico della classe GRT 5)	27
Figura 5-11: Denominazione aerogeneratori e sottostazioni	28
Figura 5-12: Frequenza interazione con cavidotti per ciascun contributo legato al traffico marittimo, caratterizzato per KP di cavidotto	36
Figura 5-13: Frequenza interazione con cavidotti per imbarcazioni adibite alla pesca a strascico, caratterizzato per KP di cavidotto	36

ABBREVIAZIONI E ACRONIMI

AIS	Automatic Identification System
CSV	Comma Separated Value
GIS	Geographic Information System
GRT	Gross Register Tonnage
KP	Chilometro Progressivo
LDC	Linea di Controllo
NM	Nautic Miles – miglia nautiche
ODG	Ordine di Grandezza
OWF	Offshore Wind Farm
TEU	Twenty-foot Equivalent Unit
VTS	Vessel Traffic Service
WTG	Wind Turbine Generator

1 PREMESSA

La presente relazione è stata redatta per illustrare le principali caratteristiche del Parco Eolico Offshore Flottante denominato “Nereus”.

Il progetto in oggetto è proposto dalla Nereus S.r.l., Società controllata interamente da Nexta Capital Partner, società di investimento focalizzata sullo sviluppo, la costruzione e la gestione di asset di energie rinnovabili.

Il progetto “Nereus” sarà composto da 120 aerogeneratori da 15 MW ciascuno, per una capacità totale installata pari a 1800 MW e sarà localizzato al di fuori delle acque territoriali italiane, quindi oltre le 12 miglia nautiche dalla linea di base, a largo della costa pugliese nello specchio acqueo antistante i comuni di Manfredonia e Barletta. L’energia prodotta sarà trasportata per mezzo di cavidotti sottomarini per i quali è previsto l’approdo nel Comune di Barletta (BT), mentre l’allaccio alla rete di trasmissione nazionale è previsto presso la stazione elettrica 380 kV “Manfredonia” gestita da Terna S.p.A.

Il progetto prevederà anche la realizzazione di un sistema di produzione a terra di idrogeno verde tramite elettrolizzatori.

L’area dove è localizzato il parco eolico ha una profondità del fondale compresa tra gli 80 m e i 120 m.

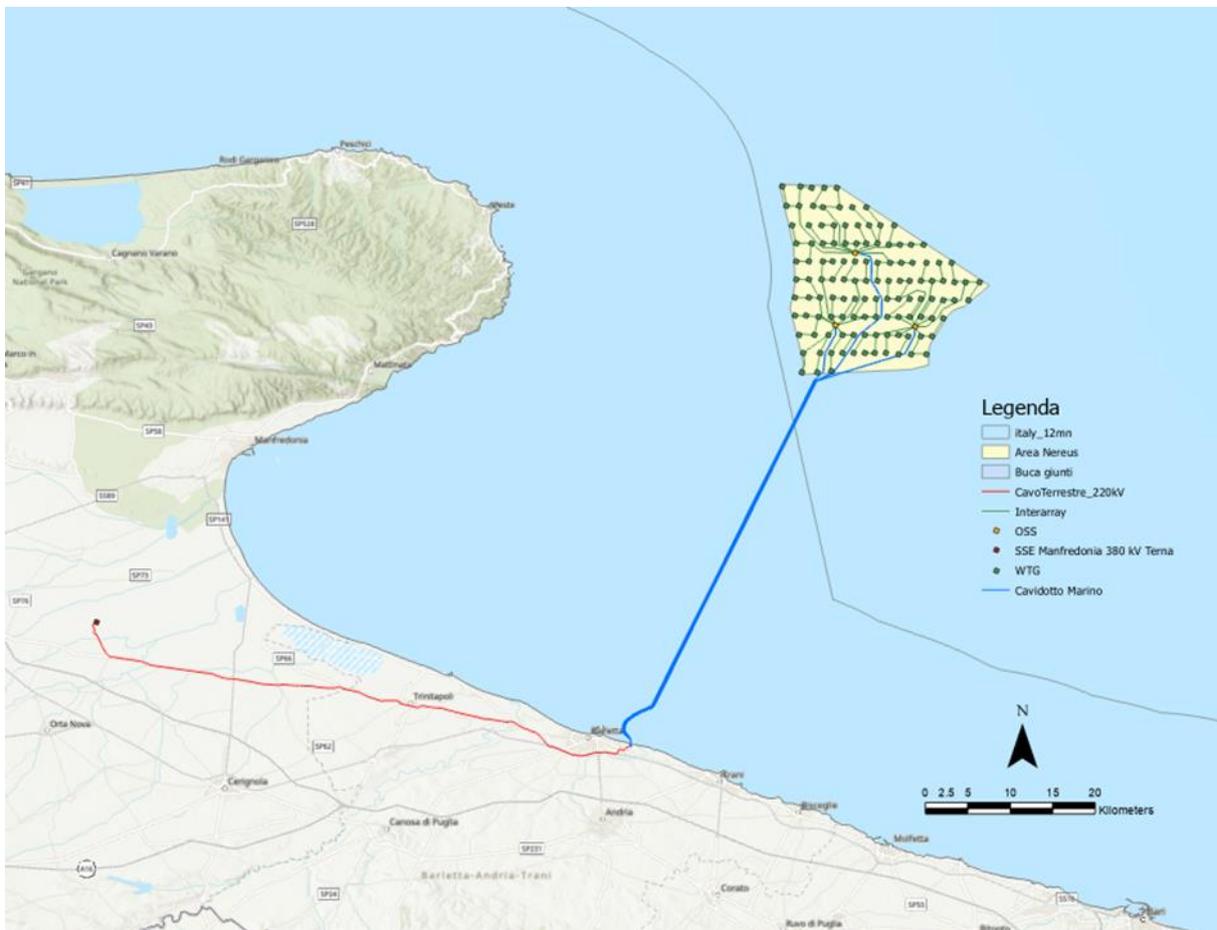


Figura 1-1: Inquadramento Generale del Progetto

1.1 SCOPO DEL DOCUMENTO

Lo scopo del presente documento è quello di analizzare le possibili interazioni di imbarcazioni di passaggio, navi mercantili e navi da pesca, con le opere galleggianti, valutando la frequenza di impatto prevista e, quindi, la possibilità di danno delle strutture interessate. Sono infine fornite delle possibili misure mitigative che, se adottate, portano ad una contestuale riduzione della frequenza di interazione.

In particolare, l'analisi ha interessato:

- i cavidotti sottomarini che collegano il parco eolico offshore a terra
- gli aerogeneratori galleggianti
- le sottostazioni galleggianti nei pressi del parco eolico

Nello svolgimento dello studio sono state considerate le seguenti cause di potenziale danno alle strutture:

- Impatto dovuto ad affondamento di navi;
- Impatto causato da 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 INFORMAZIONI RELATIVE AL PARCO EOLICO

L'area designata per l'installazione del parco eolico è ubicata nel mare Adriatico, nello specchio di acqua a Sud del Gargano, indicativamente a Est di Vieste (FG), a distanze comprese tra i 24 km (distanza minima dalla costa rispetto Vieste) e 48 km rispetto al punto di approdo nel comune di Barletta (BT) e profondità indicativamente comprese tra gli 80 e 120 m circa.

Il parco eolico sarà connesso alla rete elettrica a terra attraverso una serie di cavi sottomarini che dopo essere stati convogliati verso una prima stazione elettrica di trasformazione offshore, si dirigeranno verso terra e si conatteranno a loro volta al cavidotto interrato per giungere poi ad una seconda Stazione Elettrica di trasformazione, ubicata nei pressi della Stazione Elettrica Andria di Terna dove sarà prevista la connessione alla RTN (Rete Elettrica Nazionale).

Gli elementi di progetto che interessano la concessione demaniale marittima sono gli elementi offshore del progetto e i sistemi per il trasporto dell'energia comprese le infrastrutture a terra posizionate nei pressi del punto di approdo, che sono descritti nei paragrafi successivi.

Il parco eolico prevede 120 WTG (aerogeneratori) da 15MW per una potenza complessiva di 1.8 GW e 3 sottostazioni galleggianti di trasformazioni. Il campo sarà costituito da un'unica zona che si estende per circa 24 km in direzione Nord – Sud e circa 20 km in direzione Est – Ovest. Tra gli aerogeneratori è prevista una distanza di circa 1.5 km.

In Figura 2-1 è mostrata la posizione del parco eolico, il nominativo e la posizione di ogni aerogeneratore e delle due sottostazioni (OSS1 e OSS2) e il percorso del cavidotto di collegamento a terra.



Figura 2-1: Layout del campo eolico.

3 METODOLOGIA

3.1 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 (ovvero i cavidotti) e a quelle sulla superficie del mare (ovvero gli aerogeneratori e sottostazioni).

In particolare, gli eventi incidentali che possono comportare un danno per le strutture sulla superficie del mare possono essere urti di vario tipo con le navi transitanti nella zona del parco eolico, mentre per le strutture sottomarine tali eventi possono essere:

- ✓ 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.

3.2 CALCOLO DELLE FREQUENZE DI INTERAZIONE

3.2.1 Analisi del traffico marittimo

Il traffico marittimo nella zona 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 sono stati acquisiti i dati AIS relativi all'intero anno 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.

Il campione di dati per l'area di interesse per l'anno solare 2021 contiene circa 1.750.000 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 3-1):

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 3-1 riporta il diagramma di flusso completo che descrive la procedura di elaborazione dei dati AIS.

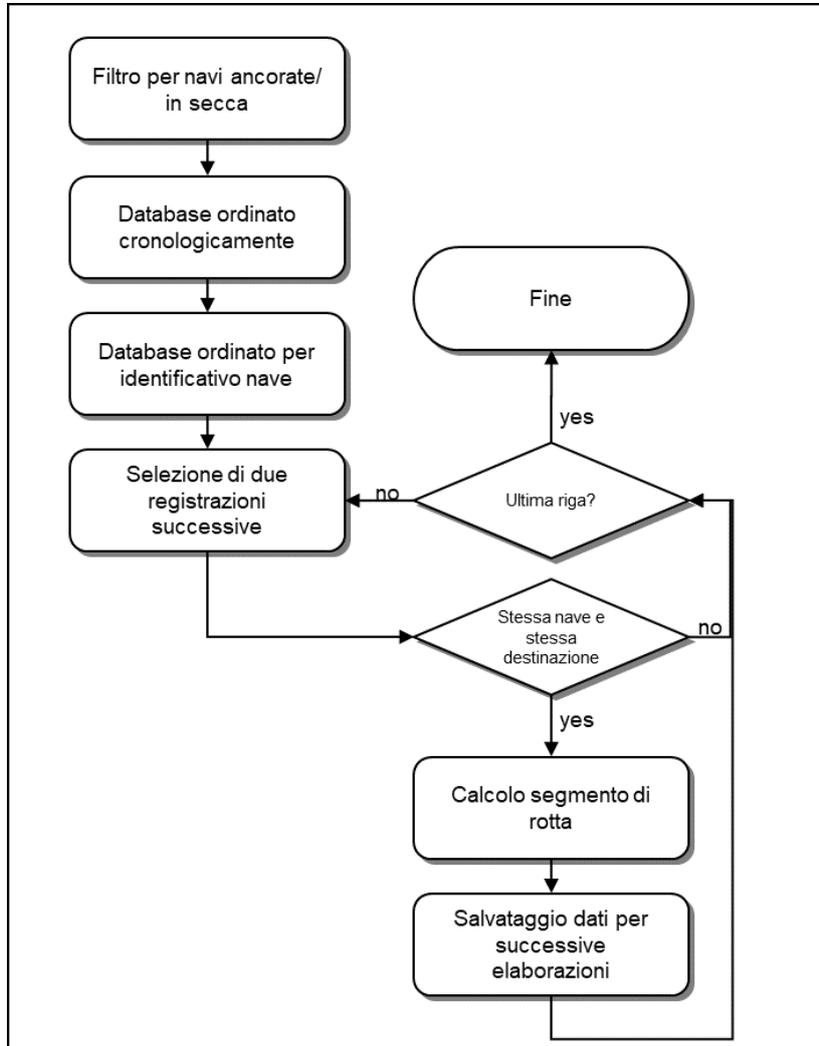


Figura 3-1: Passi della routine automatica per l'elaborazione

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.

3.2.2 Interazione con gli aerogeneratori

La frequenza di impatto per l'aerogeneratore j-esimo si calcola come [1]:

$$f_{\text{impatto},j} \left[\frac{\text{eventi}}{\text{anno}} \right] = \sum_i N_i [\text{Numero navi}] \cdot P_1 \left[\frac{\text{Eventi}}{\text{Numero navi} \cdot \text{anno}} \right] \cdot P_2[-] \cdot P_3[-] \quad (1)$$

Dove:

- ✓ j: indice identificativo dell'aerogeneratore 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 dell'aerogeneratore 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 l'aerogeneratore considerato;
- ✓ P_3 : probabilità di fallimento di eventuali barriere mitigative.

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

Come riportato in [1], danni agli aerogeneratori dovuti ad impatti con navi possono essere dovuti a diverse cause. Di quelle descritte in [1], nella presente analisi si considera la collisione con imbarcazioni che transitano nelle vicinanze degli stessi (siano essi mercantili, supply vessel o navi per il trasporto di persone).

Solitamente, il traffico marittimo di mercantili o navi passeggeri si colloca lungo specifici corridoi. Lo standard DNVGL-RP-F107 [1] suggerisce che rotte di navi che navigano più distanti di 10 nm non comportano potenziale rischio di collisione.

Di seguito è riportata la stima dei vari termini per il computo della frequenza di impatto per un aerogeneratore.

3.2.2.1 [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 al paragrafo 3.2.1.

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 è presentata nei capitoli successivi. 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.

3.2.2.2 [Probabilità di perdita di controllo della nave \(\$P_1\$ \)](#)

La perdita di controllo (evento finale: guasto ai motori) 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 $2 \cdot 10^{-4}$ [eventi/(numero navi * anno)] [1].

3.2.2.3 [Probabilità geometrica di impatto con l'aerogeneratore considerato \(\$P_2\$ \)](#)

Nel caso in cui l'impatto è associato alla perdita di controllo di una nave in transito è necessario fare delle considerazioni per stabilire se lo scenario di collisione con il target è credibile.

P_2 viene definita "probabilità geometrica di collisione". Come osservato in precedenza, il traffico marittimo di mercantili o navi passeggeri generalmente si colloca lungo specifici corridoi. Si può assumere che la posizione delle

navi all'interno di questi "corridoi" è descrivibile attraverso una distribuzione normale (centrata nel corridoio), come illustrato nella seguente Figura 3-2 [1].

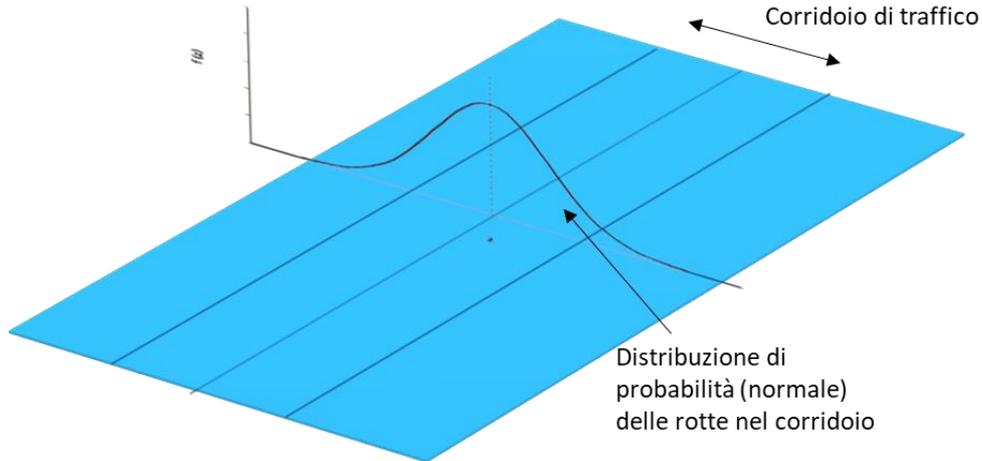


Figura 3-2: Distribuzione normale della posizione delle rotte all'interno del corridoio di traffico

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]:

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

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
- ✓ x è la distanza tra il centro del corridoio e il target

La Figura 3-3 mostra graficamente come viene calcolata la probabilità geometrica di impatto. Rispetto alla probabilità P_1 ci sono almeno sei differenti ragioni per cui una nave continui lungo la sua rotta, in direzione del target [1]:

- ✓ assenza di equipaggio sul ponte;
- ✓ equipaggio impegnato in altre attività;
- ✓ equipaggio non in attività (in riposo);
- ✓ incidente a bordo;
- ✓ abuso di alcool o droghe;
- ✓ guasto al radar di bordo o scarsa visibilità.

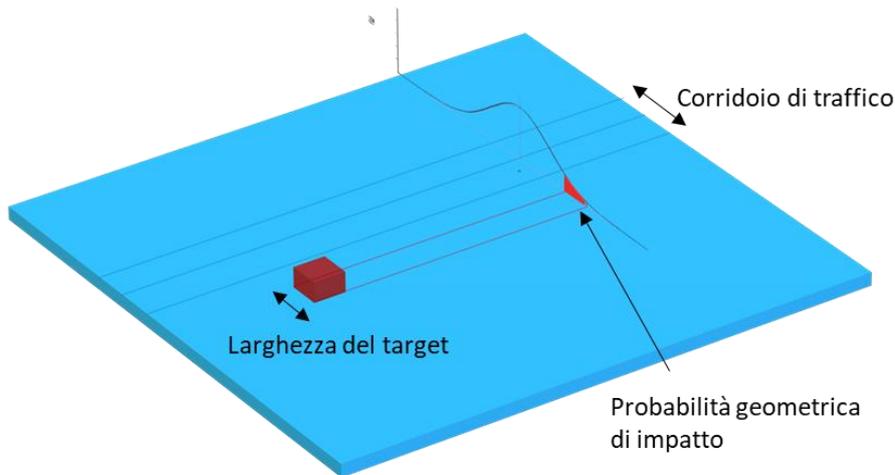


Figura 3-3: Probabilità di entrare in rotta di collisione

3.2.2.4 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 e target (aerogeneratori). 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].

3.2.3 Interazione con i cavidotti

3.2.3.1 Dati di input

È opportuno ricordare che gli eventi che possono comportare un danno ai cavidotti possono essere:

- ✓ Impatto dovuto ad affondamento di navi;
- ✓ Impatto causato da 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 stata calcolata come la media complessiva dei ratei di affondamento, risultando essere pari a $5,67 \cdot 10^{-8}$ eventi/nave/km.

Tale valore è stato calcolato come segue: il rateo di affondamento medio fornito dal COST 301 ($0,105 \cdot 10^{-6}$ ev/nave/nm) è stato diviso per 1,852 (km/nm), così da ottenere il valore in ev/nave/km.

Per quanto riguarda la frequenza di container che possono cadere dalle navi sui quali sono trasportati, si è calcolata la frequenza di caduta come segue: la percentuale di container persi all'anno (0,005%: dato fornito da Transport Club, compagnia assicurativa [3]) è stata divisa per il numero medio di giorni di navigazione di una nave porta container (298 giorni [3]). La frequenza di perdita / caduta di container ottenuta risultata quindi essere pari a $7 \cdot 10^{-9}$ ev/cont/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 per tenere conto della presenza di aree in cui l'ancoraggio non è consentito, in prossimità del cavidotto. In caso di necessità di ancoraggio di emergenza, l'operazione dovrà essere effettuata al di fuori di tali aree. Quindi, per la stima della frequenza di ancoraggio all'interno di tali zone deve essere considerato un fattore relativo all'errore umano calcolato mediante il metodo descritto in [4] per la valutazione della probabilità di errore di un operatore in una sala controllo.

Se si considera come errore umano il fallimento dell'operazione da parte dell'operatore (ovvero la non attesa del superamento dell'area di non ancoraggio), la probabilità di fallimento viene calcolata come di seguito:

$$HE = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \quad (3)$$

Dove:

- ✓ K₁: fattore legato alla tipologia di attività
- ✓ K₂: fattore temporale di stress
- ✓ K₃: fattore tipologico legato all'operatore
- ✓ K₄: fattore legato all'ansia per l'operazione in oggetto
- ✓ K₅: fattore legato all'ergonomia dell'operazione

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

- ✓ K₁: 0.1, attività non di routine
- ✓ K₂: 0.1, considerando l'intervallo temporale a disposizione per effettuare l'operazione di ancoraggio
- ✓ K₃: 0.5, considerando la preparazione dell'operatore
- ✓ K₄: 2, situazione che è di potenziale emergenza
- ✓ K₅: 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.

3.2.3.2 Frequenza di affondamento

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

$$F_{affondamento} = \sum_{k=1}^{N_{navi}} \mu_{affondamento} \cdot L_{nave,k} \quad (4)$$

Dove μ è la frequenza di affondamento di una nave (il cui valore è stato definito al paragrafo 3.2.3.1) e $L_{nave,k}$ è la lunghezza di interazione (pari alla lunghezza in chilometri della nave k considerata). Tale conto viene effettuato per ciascuna nave la cui rotta interseca il cavidotto. La frequenza totale di interazione tra cavidotto e navi in affondamento è quindi pari alla somma dei contributi delle singole navi la cui rotta interseca il cavidotto.

3.2.3.3 Frequenza di impatto con container caduti

Come oggetti che possono cadere da una nave si considerano generalmente container e/o parti del carico alloggiato sul ponte (deck cargo). La tipologia deck cargo si riferisce, generalmente, a bidoni e a piccoli oggetti in genere, per i quali è ragionevole non prevedere alcuna conseguenza significativa per il cavidotto sottomarino in caso di impatto. L'oggetto di riferimento è pertanto il container, perso da una nave porta container.

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).

La frequenza di impatto tra un container che cade e il cavidotto sul fondale marino si calcola con l'equazione seguente (formula elaborata internamente):

$$F_{container} = \sum_{k=1}^{N_{cargo}} n_{TEU,k} \cdot \mu_{oggetto} \cdot \frac{L_{TEU}}{v_k} \quad (5)$$

Dove $n_{TEU,k}$ è il numero di container trasportati dalla nave k la cui rotta interseca il percorso del cavidotto, $\mu_{oggetto}$ è la frequenza di caduta del container che si slega dall'ancoraggio a cui è fissato ($7 \cdot 10^{-9}$ eventi/container/h), L_{TEU} è la lunghezza di interazione tra container che cade e cavidotto espressa in chilometri, v_k la velocità della nave k espressa in km/h. Il rapporto $\frac{L_{TEU}}{v_k}$ rappresenta la probabilità che il container in caduta impatti il cavidotto (interazione geometrica container-cavidotto). $n_{TEU,k}$ 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]. L_{TEU} è stata definita considerando la lunghezza del container.

3.2.3.4 Frequenza di interazione con ancore

Come sottolineato al paragrafo 3.2.3.1, l'interazione tra ancora e cavidotto è strettamente legato a situazioni di emergenza a bordo nave.

L'interazione con ancore in caduta può essere di due tipi: impatto diretto (l'ancora in caduta libera urta direttamente il cavidotto) o per agganciamento (nella fase di trascinamento, l'ancora una volta sul fondale urta e aggancia il cavidotto) [6].

La frequenza di interazione tra un'ancora e il cavidotto sul fondale marino si calcola con l'equazione seguente (formula elaborata internamente):

$$F_{ancora} = \sum_{k=1}^{N_{navi}} \mu_{ancora} \cdot \frac{L_{trascinamento}}{v_k} \quad (6)$$

Dove μ_{ancora} è la frequenza di ancoraggio di emergenza ($4,20 \cdot 10^{-7}$ ev/nave/h), $L_{trascinamento}$ è la lunghezza di trascinamento dell'ancora sul fondale marino espressa in km, v_k la velocità della nave espressa in km/h. Il rapporto $\frac{L_{trascinamento}}{v_k}$ definisce la probabilità di interazione geometrica tra ancora e cavidotto. La lunghezza di trascinamento dell'ancora è legata alla stazza (GRT) della nave come riportato in Tabella 3-1.

Tabella 3-1: Informazioni relative ad ancore tipiche sulla base della stazza della nave

Range GRT (tonn)	Massa dell'ancora (kg)	Lunghezza dell'ancora (m)	Lunghezza di trascinamento dell'ancora (m)
100÷500	900	1.1	25
500÷1600	1440	1.2	50
1600÷10000	3060	1.7	100
10000÷60000	8700	2.4	500
60000÷100000	17800	3.1	1000
>100000	26000	3.4	1000

3.2.3.5 Frequenza di interazione con navi da pesca

Danni ai cavidotti possono essere causati dall'impatto con attrezzature per la pesca a strascico. Tra le navi da pesca vanno quindi considerate le sole imbarcazioni adibite alla pesca a strascico.

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

Per quanto appena descritto, il valore che verrà calcolato 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.

In Italia, secondo il Reg. (CE) 1967/2006 art. 13, è vietata la pesca a strascico a profondità inferiori ai 50 m. Pertanto, eventuali passaggi di navi adibite alla pesca a strascico in parti di mare con profondità inferiore ai 50 m non verranno considerati come possibili interazioni tra reti a strascico e il cavidotto.

4 ASSUNZIONI E IPOTESI ALLA BASE DEI RISULTATI

I risultati ottenuti (presentati in Sezione 5) considerando la metodologia descritta in Sezione 3 si basano sulle seguenti ipotesi e assunzioni.

4.1 AEROGENERATORI E 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 stata effettuata 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 3.2.2.1;
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 3.2.2;
4. Essendo necessaria una rielaborazione dei corridoi del traffico marittimo, non è possibile valutare sulla base dei dati AIS la caratterizzazione della dispersione dei passaggi all'interno dei corridoi di traffico. Pertanto, è necessario stimare un parametro di dispersione sulla base di valutazioni ingegneristiche. A tal fine è stato considerato che il 99,7% delle rotte calcolate passeranno effettivamente all'interno dei corridoi di traffico identificati; la scelta di questo valore è motivata dal fatto che, in presenza del parco eolico il traffico marittimo sarà regolamentato riducendo così la possibilità che le navi si trovino fuori dai corridoi individuati e quindi in potenziale rotta di collisione con gli aerogeneratori o con le sottostazioni;
5. 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 500 metri di larghezza;
6. In base all'ipotesi descritta ai punti 4 e 5 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;
7. 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 150 m mentre per le sottostazioni è stata considerata la distanza massima sul pelo dell'acqua pari a 80 m;
8. I termini che concorrono alla definizione della frequenza di interazione definiti al paragrafo 3.2.2 sono stati assunti come di seguito:
 - a. Probabilità di perdita di controllo della nave (P_1) = $2 \cdot 10^{-4}$;
 - b. Probabilità di fallimento di eventuali barriere mitigative (P_3) = 1;

4.2 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. È stato ricavato il numero di passaggi nave, e la loro distribuzione lungo i corridoi di traffico, che intersecherebbero i cavidotti nella situazione futura di parco eolico installato.

5 RISULTATI

5.1 TRAFFICO MARITTIMO

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 4000 km² intorno alla posizione del parco.



Figura 5-1: Identificazione dell'area di interesse

5.1.1 Distribuzione rotte in assenza del parco eolico

In Tabella 5-1 sono dettagliate le classi di stazza utilizzate per suddividere il traffico marittimo, mentre in Tabella 5-2 sono riportati i colori usati per tracciare le rotte appartenenti alle differenti classi GRT.

Tabella 5-1: 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 5-2: Colori identificativi usati per tracciare le rotte appartenenti alle diverse classi GRT

Classe GRT	Colore
GRT 1	Magenta
GRT 2	Rossiccio
GRT 3	Verde
GRT 4	Purpureo
GRT 5	Blu
GRT 6	Arancione

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 nelle seguenti figure (Figura 5-2, Figura 5-3, Figura 5-4, Figura 5-5, Figura 5-6, Figura 5-7) con la metodologia descritta al capitolo 3.

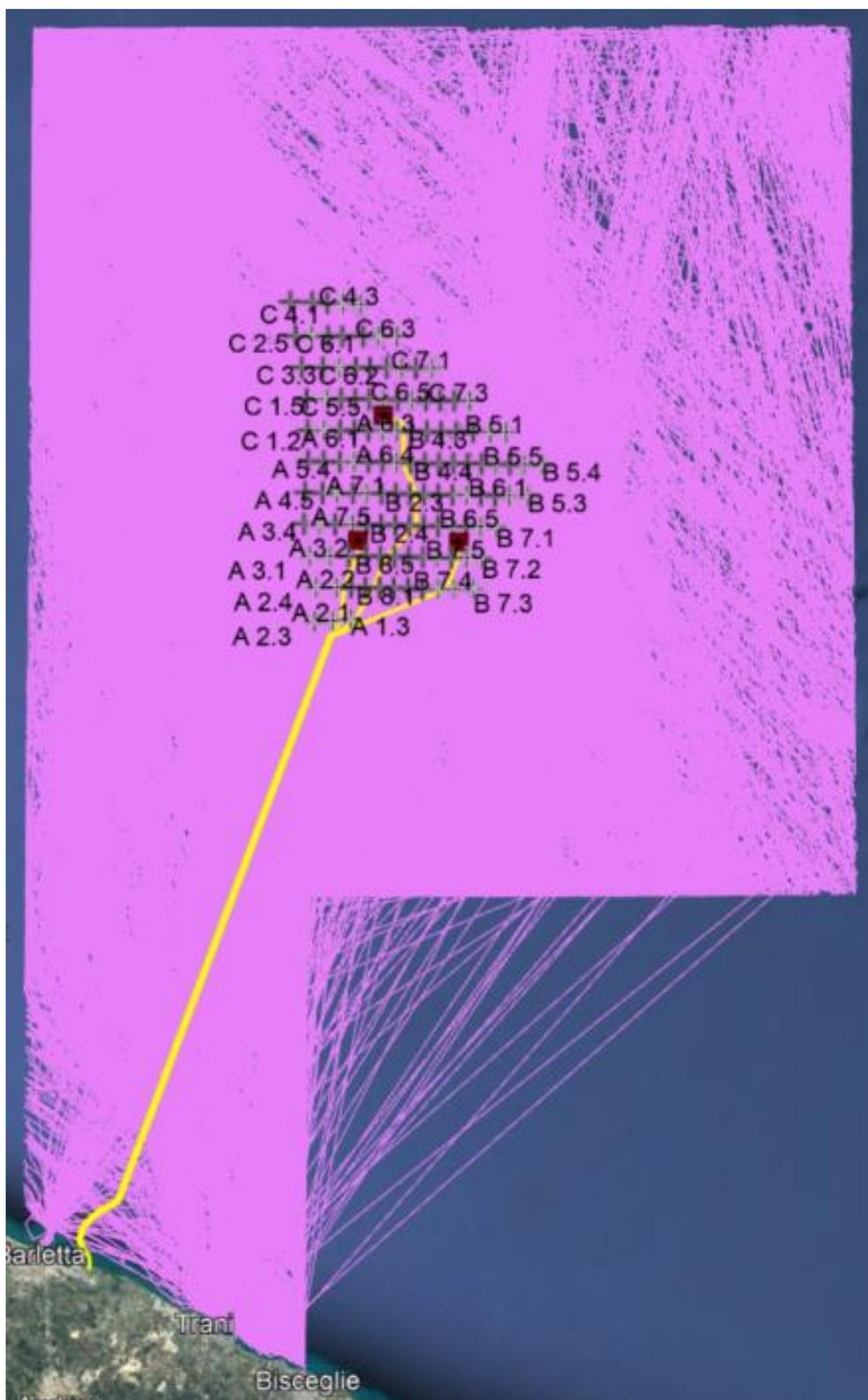


Figura 5-2: Traffico marittimo 2021 – GRT 1



Figura 5-3: Traffico marittimo 2021 – GRT 2

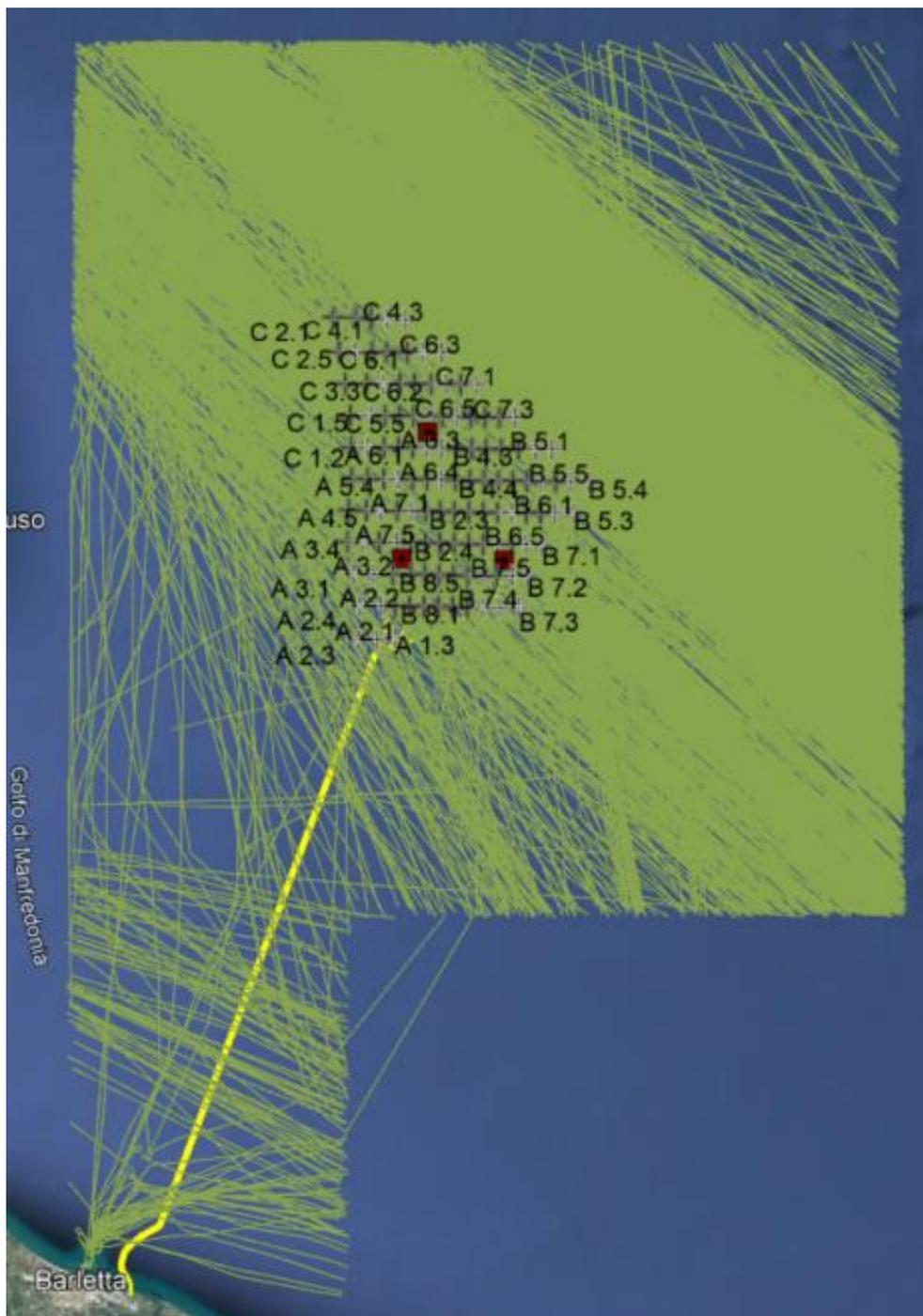


Figura 5-4: Traffico marittimo 2021 – GRT 3

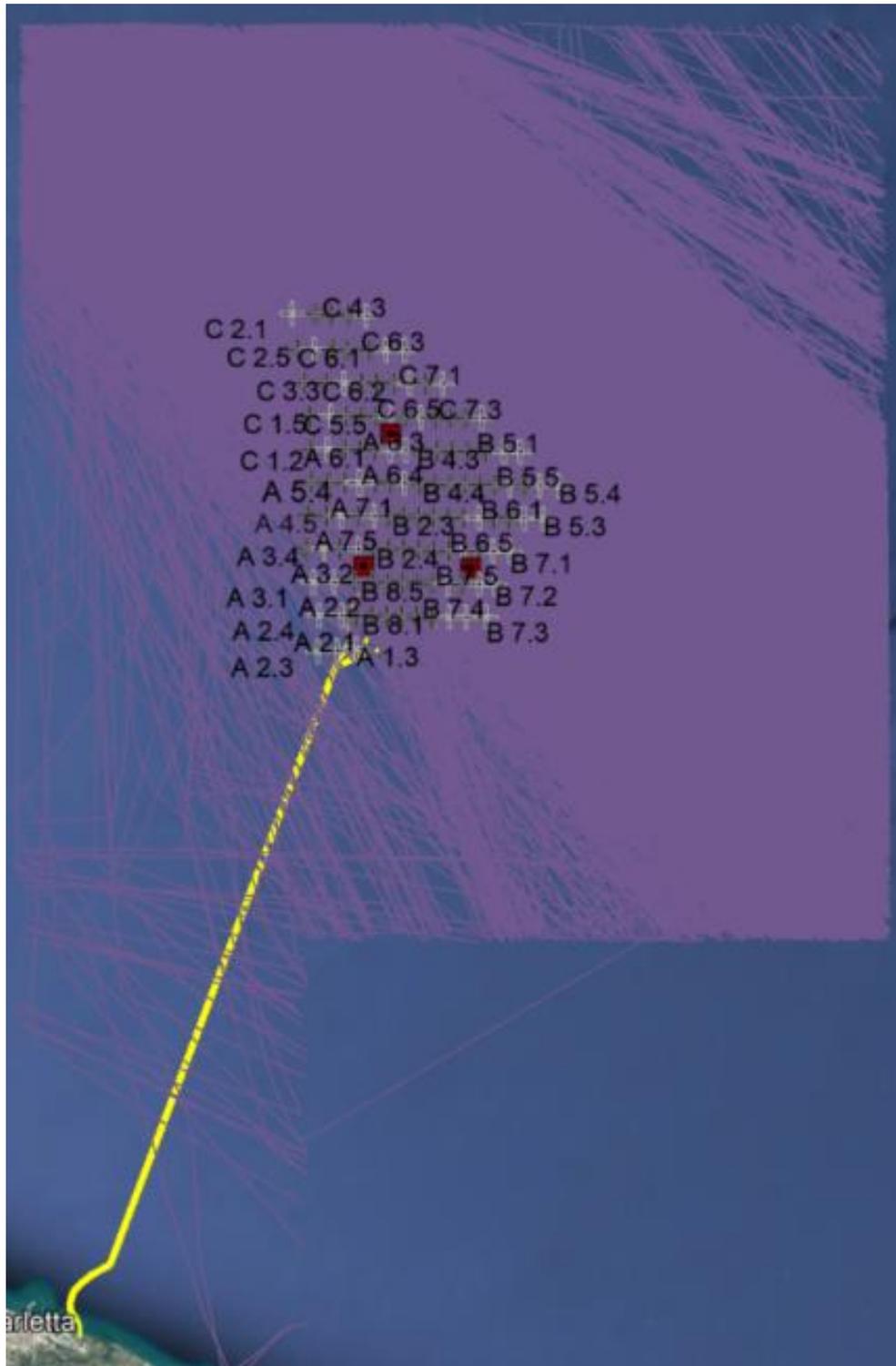


Figura 5-5: Traffico marittimo 2021 – GRT 4



Figura 5-6: Traffico marittimo 2021 – GRT 5

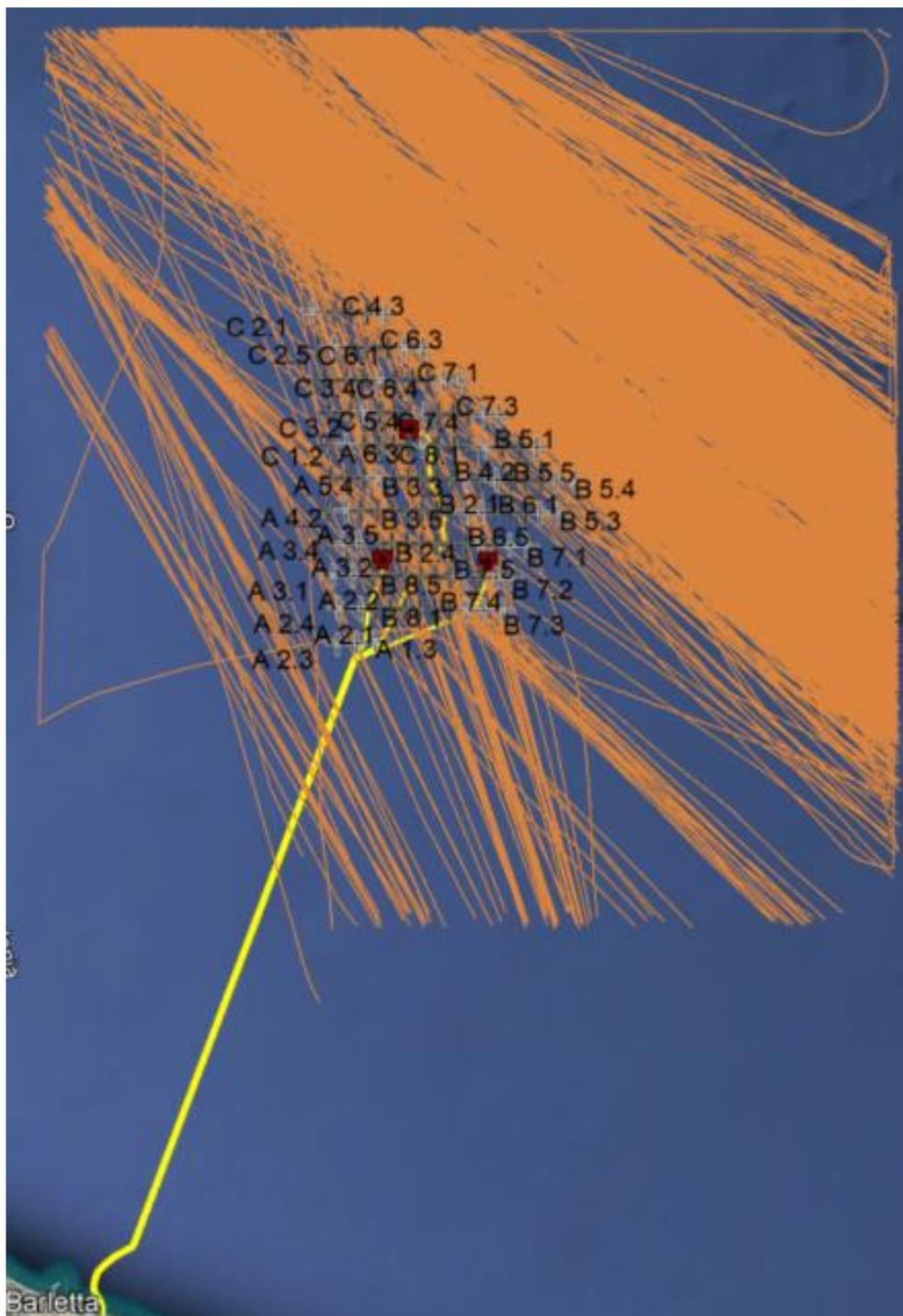


Figura 5-7: Traffico marittimo 2021 – GRT 6

Osservando le figure riportate sopra si può notare che per quanto riguarda la classe GRT 1 è difficile identificare dei corridoi principali, ma le rotte sono distribuite in tutta l'area considerata senza apparenti corridoi o direzioni principali.

Per quanto riguarda invece le altre classi GRT il principale corridoio di traffico è la direttrice Sud-Est Nord-Ovest che attraversa tutto il mare Adriatico e che passa a nord del parco eolico intersecandolo in parte.

Sono altresì presenti dei corridoi di ingresso e uscita dal porto di Barletta per le classi di stazza inferiore (GRT 1, 2, 3) che non interferiscono con la futura posizione del parco eolico ma intersecheranno solamente il caviodotto.

5.1.2 Distribuzione rotte in seguito all’installazione del parco eolico

In seguito all’installazione del parco eolico sono stati ipotizzati 5 corridoi di traffico, di cui 3 corridoi per la classe GRT 1 e gli altri 2 per le classi di stazza GRT 2-3-4-5-6 (Figura 5-8):

1. Corridoio direzione NO-SE passante a Nord-Est del parco (Classe GRT 1)
2. Corridoio direzione N-S passante ad Ovest del parco (Classe GRT 1)
3. Corridoio direzione E-O passante a Sud del parco (Classe GRT 1)
4. Corridoio direzione NO-SE passante a Nord-Est del parco (Classi GRT 2-3-4-5-6)
5. Corridoio direzione NO-SE passante a Sud-Ovest del parco (Classi GRT 2-3-4-5-6)



Figura 5-8: Corridoi di traffico in seguito all’installazione del parco eolico

Le caratteristiche dei corridoi in termini di larghezza e distanza dal parco sono riportate in Tabella 5-3.

Tabella 5-3: Caratteristiche corridoi di traffico

	Larghezza [nm]	Distanza dal parco [nm]
Corridoio 1	10	0.27
Corridoio 2	10	0.27
Corridoio 3	10	0.27
Corridoio 4	9	0.27
Corridoio 5	9	0.27

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. Si riportano di seguito le considerazioni effettuate e successivamente le immagini rappresentanti le linee di controllo:

1. Per quanto riguarda la classe GRT 1 sono state usate tre diverse linee di controllo (LDC1, LDC2, LDC3) per il conto delle rotte (Figura 5-9).
Le rotte che intersecano la LDC1 sono state ricollocate a Nord-Est del parco (Corridoio 1), le rotte che intersecano la LDC2 sono state ricollocate ad Ovest del parco (Corridoio 2), infine le rotte che intersecano la LDC3 sono state ricollocate a SUD del parco (Corridoio 3).
2. Per quanto riguarda le classi GRT 2-3-4-5-6 sono state usate due diverse linee di controllo (LDC4, LDC5) per il conto delle rotte (Figura 5-10).
Le rotte che intersecano la LDC4 sono state ricollocate a Nord-Est del parco (Corridoio 4) mentre le rotte che intersecano la LDC5 sono state ricollocate a Sud-Ovest del parco (Corridoio 5).

5.2 FREQUENZA DI INTERAZIONE

5.2.1 Aerogeneratori e sottostazioni

Nella seguente Figura 5-11 è mostrata la denominazione di ogni aerogeneratore e sottostazione:

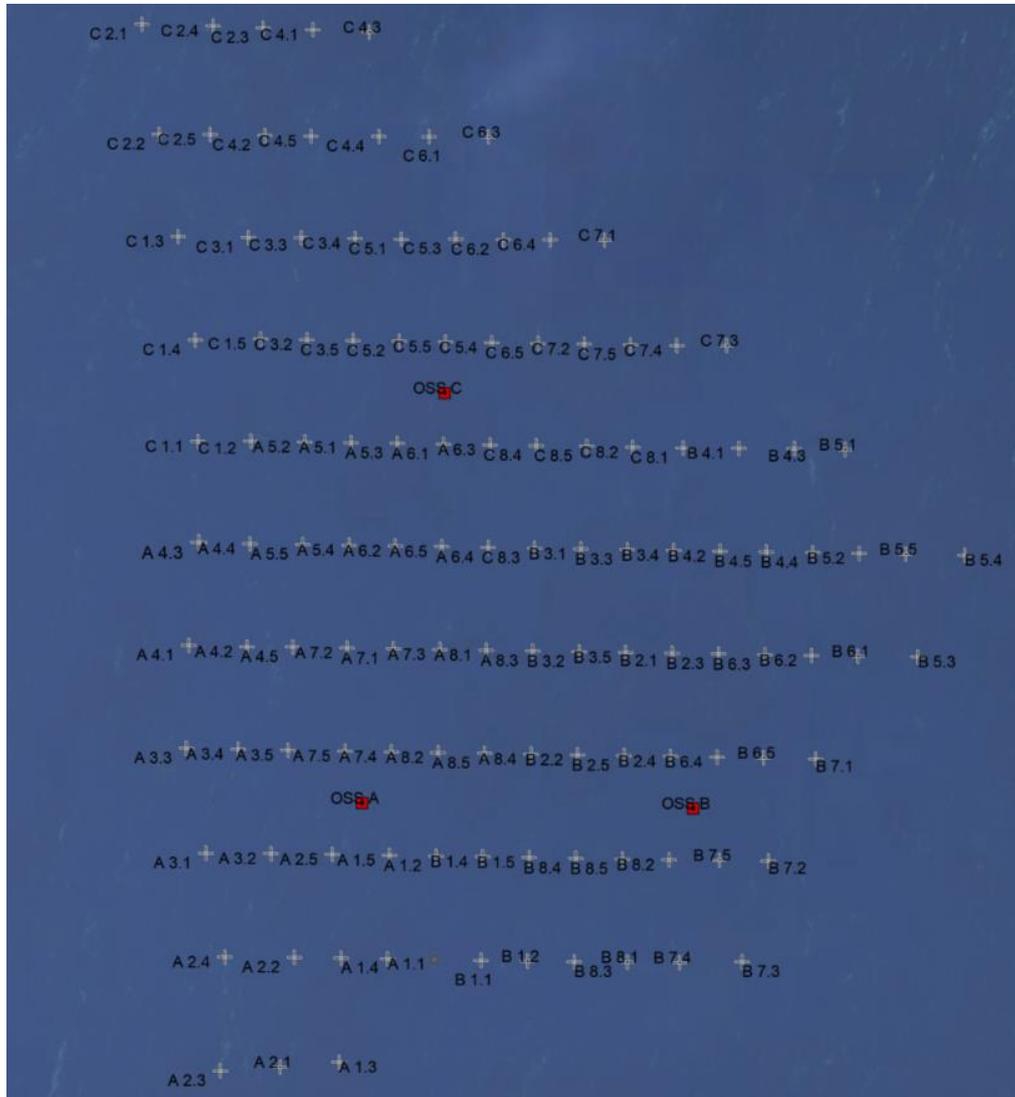


Figura 5-11: Denominazione aerogeneratori e sottostazioni

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 come riportato in [1].

In Tabella 5-4, 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 $> 10^{-4}$ interazioni/anno

Tabella 5-4: Frequenza di interazione complessiva calcolata per ciascun aerogeneratore e sottostazione

Target	Frequenza interazione totale [ev/yr]						
A1.1	1.2E-06	A7.2	1.4E-07	B5.3	<1e-07	C3.4	2.2E-06
A1.2	<1e-07	A7.3	<1e-07	B5.4	3.6E-04	C3.5	1.7E-07
A1.3	2.0E-05	A7.4	<1e-07	B5.5	1.5E-04	C4.1	1.5E-04
A1.4	2.6E-06	A7.5	1.4E-07	B6.1	2.0E-05	C4.2	7.8E-06
A1.5	1.8E-07	A8.1	<1e-07	B6.2	6.7E-06	C4.3	3.6E-04
A2.1	3.4E-05	A8.2	<1e-07	B6.3	2.1E-06	C4.4	5.6E-05
A2.2	1.1E-05	A8.3	<1e-07	B6.4	<1e-07	C4.5	2.0E-05
A2.3	9.5E-05	A8.4	<1e-07	B6.5	6.9E-06	C5.1	6.7E-06
A2.4	5.0E-05	A8.5	<1e-07	B7.1	6.1E-07	C5.2	1.4E-07
A2.5	1.2E-06	B1.1	1.0E-06	B7.2	<1e-07	C5.3	2.0E-05
A3.1	4.1E-05	B1.2	1.0E-06	B7.3	1.0E-06	C5.4	2.1E-06
A3.2	7.9E-06	B1.3	<1e-07	B7.4	1.0E-06	C5.5	6.1E-07
A3.3	3.9E-05	B1.4	<1e-07	B7.5	<1e-07	C6.1	1.5E-04
A3.4	7.5E-06	B1.5	<1e-07	B8.1	1.0E-06	C6.2	5.6E-05
A3.5	1.1E-06	B2.1	1.4E-07	B8.2	<1e-07	C6.3	3.6E-04
A4.1	3.9E-05	B2.2	<1e-07	B8.3	1.0E-06	C6.4	1.5E-04
A4.2	7.4E-06	B2.3	6.1E-07	B8.4	<1e-07	C6.5	6.7E-06
A4.3	3.9E-05	B2.4	<1e-07	B8.5	<1e-07	C7.1	3.6E-04
A4.4	7.4E-06	B2.5	<1e-07	C1.1	3.9E-05	C7.2	2.0E-05
A4.5	1.1E-06	B3.1	<1e-07	C1.2	7.4E-06	C7.3	3.6E-04
A5.1	1.4E-07	B3.2	<1e-07	C1.3	3.9E-05	C7.4	1.5E-04
A5.2	1.1E-06	B3.3	1.4E-07	C1.4	3.9E-05	C7.5	5.6E-05
A5.3	<1e-07	B3.4	6.1E-07	C1.5	7.4E-06	C8.1	2.0E-05
A5.4	1.4E-07	B3.5	<1e-07	C2.1	6.7E-06	C8.2	6.7E-06
A5.5	1.1E-06	B4.1	5.6E-05	C2.2	3.9E-05	C8.3	<1e-07
A6.1	<1e-07	B4.2	2.1E-06	C2.3	5.6E-05	C8.4	6.1E-07
A6.2	<1e-07	B4.3	1.5E-04	C2.4	2.0E-05	C8.5	2.1E-06
A6.3	1.4E-07	B4.4	2.0E-05	C2.5	9.5E-06	OSSA	<1e-07
A6.4	<1e-07	B4.5	6.7E-06	C3.1	7.6E-06	OSSB	<1e-07
A6.5	<1e-07	B5.1	3.6E-04	C3.2	1.1E-06	OSSC	6.1E-07
A7.1	<1e-07	B5.2	5.6E-05	C3.3	1.7E-06		

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 5-5. In Tabella, i colori indicano:

- ✓ Bianco: % rotte pari a zero
- ✓ Blu: % rotte comprese tra 0 e 25 %
- ✓ Verde: % rotte comprese tra 25 e 50 %
- ✓ Giallo: % rotte comprese tra 50 e 75 %
- ✓ Arancione: % rotte comprese tra 75 e 100 %

Tabella 5-5: Contributo delle singole classi di navi alla frequenza di interazione complessiva per ciascun aerogeneratore e sottostazione

Target	Frequenza interazione totale [ev/yr]					
	GRT 1	GRT 2	GRT 3	GRT 4	GRT 5	GRT 6
A1.1	95%	2%	<1%	1%	1%	<1%
A1.2	100%	<1%	<1%	<1%	<1%	<1%
A1.3	89%	4%	2%	2%	2%	<1%
A1.4	84%	6%	2%	3%	3%	<1%
A1.5	95%	2%	<1%	<1%	1%	<1%
A2.1	71%	11%	5%	6%	6%	1%
A2.2	79%	8%	3%	4%	4%	<1%
A2.3	58%	16%	6%	9%	9%	2%
A2.4	80%	8%	3%	4%	4%	<1%
A2.5	95%	2%	<1%	1%	1%	<1%
A3.1	95%	2%	<1%	1%	1%	<1%
A3.2	95%	2%	<1%	1%	1%	<1%
A3.3	99%	<1%	<1%	<1%	<1%	<1%
A3.4	99%	<1%	<1%	<1%	<1%	<1%
A3.5	99%	<1%	<1%	<1%	<1%	<1%
A4.1	100%	<1%	<1%	<1%	<1%	<1%
A4.2	100%	<1%	<1%	<1%	<1%	<1%
A4.3	100%	<1%	<1%	<1%	<1%	<1%
A4.4	100%	<1%	<1%	<1%	<1%	<1%
A4.5	100%	<1%	<1%	<1%	<1%	<1%
A5.1	100%	<1%	<1%	<1%	<1%	<1%
A5.2	100%	<1%	<1%	<1%	<1%	<1%
A5.3	<1%	<1%	<1%	<1%	<1%	<1%
A5.4	100%	<1%	<1%	<1%	<1%	<1%
A5.5	100%	<1%	<1%	<1%	<1%	<1%
A6.1	<1%	15%	14%	40%	22%	9%

Target	Frequenza interazione totale [ev/yr]					
	GRT 1	GRT 2	GRT 3	GRT 4	GRT 5	GRT 6
A6.2	<1%	<1%	<1%	<1%	<1%	<1%
A6.3	<1%	15%	14%	40%	22%	9%
A6.4	<1%	<1%	<1%	<1%	<1%	<1%
A6.5	<1%	<1%	<1%	<1%	<1%	<1%
A7.1	<1%	<1%	<1%	<1%	<1%	<1%
A7.2	100%	<1%	<1%	<1%	<1%	<1%
A7.3	<1%	<1%	<1%	<1%	<1%	<1%
A7.4	<1%	<1%	<1%	<1%	<1%	<1%
A7.5	100%	<1%	<1%	<1%	<1%	<1%
A8.1	<1%	<1%	<1%	<1%	<1%	<1%
A8.2	<1%	<1%	<1%	<1%	<1%	<1%
A8.3	<1%	<1%	<1%	<1%	<1%	<1%
A8.4	<1%	<1%	<1%	<1%	<1%	<1%
A8.5	<1%	<1%	<1%	<1%	<1%	<1%
B1.1	99%	<1%	<1%	<1%	<1%	<1%
B1.2	100%	<1%	<1%	<1%	<1%	<1%
B1.3	<1%	<1%	<1%	<1%	<1%	<1%
B1.4	100%	<1%	<1%	<1%	<1%	<1%
B1.5	100%	<1%	<1%	<1%	<1%	<1%
B2.1	<1%	15%	14%	40%	22%	9%
B2.2	<1%	<1%	<1%	<1%	<1%	<1%
B2.3	15%	13%	12%	34%	19%	8%
B2.4	<1%	<1%	<1%	<1%	<1%	<1%
B2.5	<1%	<1%	<1%	<1%	<1%	<1%
B3.1	<1%	15%	14%	40%	22%	9%
B3.2	<1%	<1%	<1%	<1%	<1%	<1%
B3.3	<1%	15%	14%	40%	22%	9%
B3.4	15%	13%	12%	34%	19%	8%
B3.5	<1%	15%	14%	40%	22%	9%
B4.1	9%	14%	13%	36%	20%	8%
B4.2	13%	13%	12%	35%	19%	8%
B4.3	8%	14%	13%	37%	20%	9%
B4.4	10%	13%	12%	36%	20%	8%
B4.5	11%	13%	12%	35%	20%	8%
B5.1	7%	14%	13%	37%	20%	9%
B5.2	9%	14%	13%	36%	20%	8%

Target	Frequenza interazione totale [ev/yr]					
	GRT 1	GRT 2	GRT 3	GRT 4	GRT 5	GRT 6
B5.3	<1%	<1%	<1%	<1%	<1%	<1%
B5.4	7%	14%	13%	37%	20%	9%
B5.5	8%	14%	13%	37%	20%	9%
B6.1	10%	13%	12%	36%	20%	8%
B6.2	11%	13%	12%	35%	20%	8%
B6.3	13%	13%	12%	35%	19%	8%
B6.4	<1%	15%	14%	40%	22%	9%
B6.5	11%	13%	12%	36%	20%	8%
B7.1	15%	13%	12%	34%	19%	8%
B7.2	49%	8%	7%	20%	11%	5%
B7.3	100%	<1%	<1%	<1%	<1%	<1%
B7.4	100%	<1%	<1%	<1%	<1%	<1%
B7.5	100%	<1%	<1%	<1%	<1%	<1%
B8.1	100%	<1%	<1%	<1%	<1%	<1%
B8.2	100%	<1%	<1%	<1%	<1%	<1%
B8.3	100%	<1%	<1%	<1%	<1%	<1%
B8.4	100%	<1%	<1%	<1%	<1%	<1%
B8.5	100%	<1%	<1%	<1%	<1%	<1%
C1.1	100%	<1%	<1%	<1%	<1%	<1%
C1.2	100%	<1%	<1%	<1%	<1%	<1%
C1.3	100%	<1%	<1%	<1%	<1%	<1%
C1.4	100%	<1%	<1%	<1%	<1%	<1%
C1.5	100%	<1%	<1%	<1%	<1%	<1%
C2.1	11%	13%	12%	35%	20%	8%
C2.2	99%	<1%	<1%	<1%	<1%	<1%
C2.3	9%	14%	13%	36%	20%	8%
C2.4	10%	13%	12%	36%	20%	8%
C2.5	81%	3%	3%	8%	4%	2%
C3.1	98%	<1%	<1%	<1%	<1%	<1%
C3.2	100%	<1%	<1%	<1%	<1%	<1%
C3.3	70%	4%	4%	12%	7%	3%
C3.4	18%	12%	11%	33%	18%	8%
C3.5	80%	3%	3%	8%	4%	2%
C4.1	8%	14%	13%	37%	20%	9%
C4.2	24%	11%	10%	30%	17%	7%
C4.3	7%	14%	13%	37%	20%	9%

Target	Frequenza interazione totale [ev/yr]					
	GRT 1	GRT 2	GRT 3	GRT 4	GRT 5	GRT 6
C4.4	9%	14%	13%	36%	20%	8%
C4.5	11%	13%	12%	36%	20%	8%
C5.1	11%	13%	12%	35%	20%	8%
C5.2	<1%	15%	14%	40%	22%	9%
C5.3	10%	13%	12%	36%	20%	8%
C5.4	13%	13%	12%	35%	19%	8%
C5.5	15%	13%	12%	34%	19%	8%
C6.1	8%	14%	13%	37%	20%	9%
C6.2	9%	14%	13%	36%	20%	8%
C6.3	7%	14%	13%	37%	20%	9%
C6.4	8%	14%	13%	37%	20%	9%
C6.5	11%	13%	12%	35%	20%	8%
C7.1	7%	14%	13%	37%	20%	9%
C7.2	10%	13%	12%	36%	20%	8%
C7.3	7%	14%	13%	37%	20%	9%
C7.4	8%	14%	13%	37%	20%	9%
C7.5	9%	14%	13%	36%	20%	8%
C8.1	10%	13%	12%	36%	20%	8%
C8.2	11%	13%	12%	35%	20%	8%
C8.3	<1%	<1%	<1%	<1%	<1%	<1%
C8.4	15%	13%	12%	34%	19%	8%
C8.5	13%	13%	12%	35%	19%	8%
OSSA	<1%	<1%	<1%	<1%	<1%	<1%
OSSB	<1%	<1%	<1%	<1%	<1%	<1%
OSSC	15%	13%	12%	34%	19%	8%

Dall'analisi dei risultati presentati è possibile osservare che:

- ✓ 33 target (27% del totale) hanno una frequenza di interazione inferiore a 10^{-7} interazioni/anno
- ✓ 16 target (13% del totale) hanno una frequenza di interazione nell'ordine di 10^{-7} interazioni/anno
- ✓ 36 target (29% del totale) hanno una frequenza di interazione nell'ordine di 10^{-6} interazioni/anno
- ✓ 26 target (21% del totale) hanno una frequenza di interazione nell'ordine di 10^{-5} interazioni/anno
- ✓ 12 target (10% del totale) hanno una frequenza di interazione nell'ordine di 10^{-4} interazioni/anno
- ✓ Nella maggior parte dei casi, la classe GRT che ha la più alta frequenza di interazione con aerogeneratori e sottostazioni è la GRT 1 seguita dalla classe GRT 4.

5.2.2 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, ottenuti seguendo la metodologia descritta al capitolo 3, 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 5-6, Figura 5-12);
- ✓ Frequenza di interazione, per KP di cavidotto, con navi da pesca, specificatamente per l'attività di pesca a strascico (Tabella 5-6, Figura 5-13).

Tabella 5-6: 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)	4.8E-07	7.6E-08	3.1E-07	40
1	4.6E-07	8.0E-08	3.0E-07	47
2	9.0E-07	1.8E-07	6.1E-07	44
3	1.7E-06	3.9E-07	1.0E-06	41
4	9.3E-07	1.8E-07	7.7E-07	46
5	8.3E-07	1.2E-07	5.7E-07	44
6	8.7E-07	1.9E-07	5.1E-07	50
7	7.5E-07	1.3E-07	8.4E-07	60
8	7.6E-07	1.4E-07	5.1E-07	40
9	9.6E-07	1.5E-07	6.6E-07	52
10	6.0E-07	1.1E-07	4.5E-07	67
11	3.1E-07	4.7E-08	2.5E-07	44
12	3.2E-07	5.3E-08	2.6E-07	51
13	4.0E-07	6.1E-08	3.6E-07	65
14	2.6E-07	3.2E-08	2.3E-07	62
15	2.4E-07	2.0E-08	1.9E-07	61
16	2.8E-07	6.5E-08	2.5E-07	50
17	2.9E-07	3.9E-08	2.4E-07	34
18	2.0E-07	2.7E-08	1.8E-07	39

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]
19	2.0E-07	4.7E-08	1.6E-07	30
20	2.6E-07	5.4E-08	2.1E-07	26
21	2.2E-07	3.2E-08	2.2E-07	27
22	2.5E-07	2.0E-07	6.2E-07	35
23	2.6E-07	4.7E-08	2.0E-07	42
24	1.9E-07	4.5E-08	1.4E-07	34
25	2.5E-07	5.5E-08	1.8E-07	0
26	1.7E-07	3.0E-08	1.3E-07	0
27	1.9E-07	3.9E-08	1.9E-07	0
28	1.3E-07	2.7E-08	1.2E-07	0
29	3.0E-07	5.3E-08	2.0E-07	0
30	3.2E-07	5.0E-08	2.6E-07	0
31	3.9E-07	8.2E-08	2.4E-07	0
32	3.8E-07	8.9E-08	2.1E-07	0
33	4.2E-07	2.5E-08	2.3E-07	0
34	4.9E-07	1.7E-08	1.6E-07	0
35	1.6E-07	3.0E-08	8.2E-08	0
36	2.4E-07	9.0E-09	1.2E-07	0
37	1.4E-07	3.1E-08	8.6E-08	0
38	2.9E-07	1.5E-07	1.9E-07	0
39	4.3E-07	2.0E-07	3.2E-07	0
40	4.6E-07	1.6E-07	3.6E-07	0
41	4.0E-07	3.7E-08	2.4E-07	0
42	2.0E-07	3.0E-08	1.1E-07	0
43	8.9E-08	3.3E-08	4.4E-08	0
44	3.8E-08	1.2E-08	1.8E-08	0
45	1.5E-08	4.1E-09	8.8E-09	0
46 (Terra)	7.1E-10	1.2E-20	1.3E-09	0

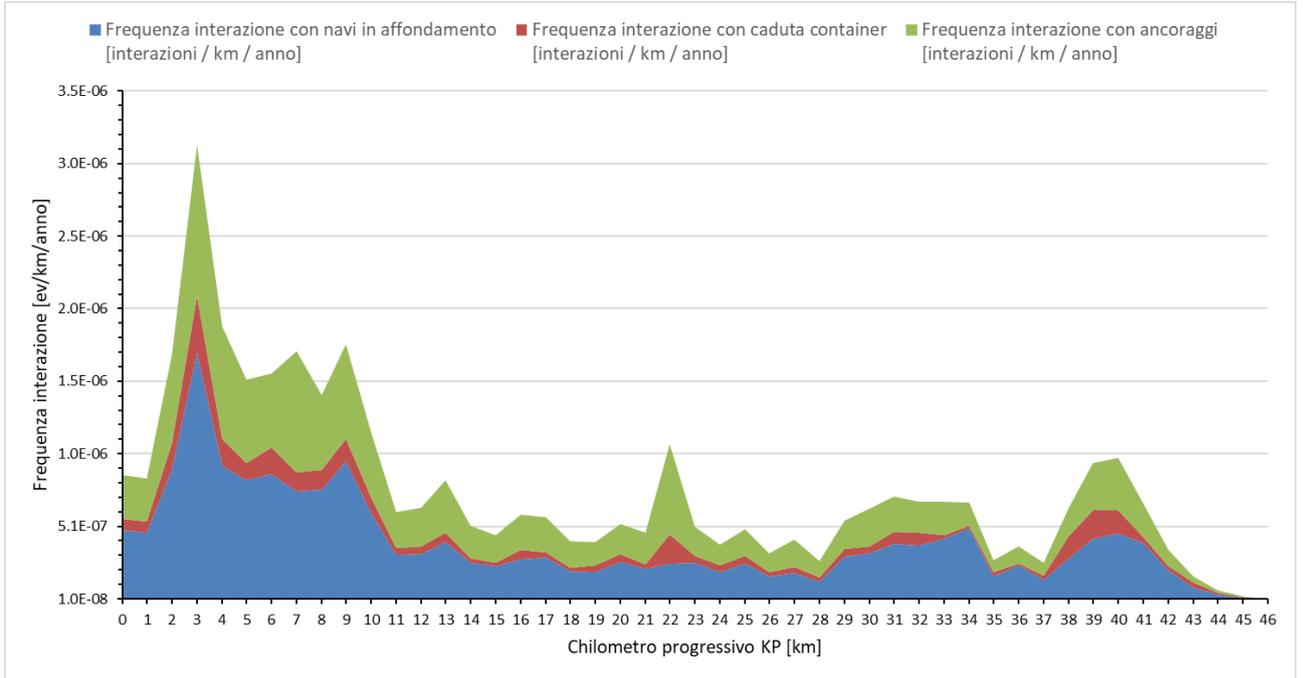


Figura 5-12: Frequenza interazione con cavidotti per ciascun contributo legato al traffico marittimo, caratterizzato per KP di cavidotto



Figura 5-13: 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'affondamento della nave e l'ancoraggio accidentale
- ✓ Gli ultimi 22 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 5-6 e Figura 5-13 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 3 (situato a ridosso del parco eolico) è il chilometro di cavidotto con una maggior frequenza di rottura complessiva (3.1E-06 eventi all'anno).
- ✓ La frequenza di rottura del cavidotto è:
 - Nell'ordine di 10^{-9} interazioni anno per 1 km
 - Nell'ordine di 10^{-8} interazioni anno per 2 km
 - Nell'ordine di 10^{-7} interazioni anno per 34 km
 - Nell'ordine di 10^{-6} interazioni anno per 10 km

5.3 MISURE MITIGATIVE

Considerando le frequenze di interazione ottenute tra navi e cavidotto e tra navi e aerogeneratori, non si ritiene che sia necessario aggiungere ulteriori misure mitigative. Ad ogni modo, di seguito vengono riportate alcune misure mitigative che possono essere aggiunte per ridurre ulteriormente la frequenza di interazione. Verrà valutata la loro implementazione nelle successive fasi di progetto.

5.3.1 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)

5.3.2 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).

6 REFERENZE

- [1] Risk Assessment of Pipeline Protection, Recommended Practice No. DNV-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] Submarine pipeline systems - DNVGL-ST-F101



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.