Firmato digitalmente da:
Fabio Paccapelo
Firmato il 30/12/2022 08:11
Seriale Certificato: 1670834
Valido dal 04/08/2022 al 03/08/2024
InfoCamere Qualified Electronic Signature CA

Lupiae Maris
powered by Hope Group & Galileo

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

REV.	DATA	DESCRIZIONE

ES.3 Relazione tecnica campi elettrici e magnetici

INDICE

1 PREMESSA 2

2 LE EMISSIONI ELETTROMAGNETICHE 2

3 NORMATIVA DI RIFERIMENTO 3

3.1 Norme tecniche 3

3.2 Legislazione italiana 3

3.3 Definizioni e Abbreviazioni 3

3.4 Attuazione Normativa vigente 4

4 DESCRIZIONE DELL'OPERA 6

4.1 Inquadramento dell'opera 6

5 STAZIONE DI TRASFORMAZIONE OFF-SHORE 380/66 KV 7

5.1 Descrizione 7

5.2 Struttura della Stazione di Trasformazione Offshore 7

5.2.1 Jacket 8

5.2.2 Fondazioni 9

5.3 Sistema GIS 66 kV 10

5.4 Sistema GIS a 380 kV 10

5.5 Sistema BT 11

5.6 Elettrodotto AAT di connessione a 380 kV 11

5.7 Elettrodotto a 66 kV 12

5.8 Aerogeneratore 12

5.9 Caratteristiche della rete elettrica 12

6 VALUTAZIONE PREVENTIVA CAMPI ELETTRICI E MAGNETICI 13

6.1 Valutazione analitica dei campi magnetici generati dagli elettrodotti a 380 kV 13

6.2 Distanza di Prima Approssimazione DPA 13

6.3 Rappresentazione delle DPA/ApA 22

6.4 Analisi dei fabbricati all'interno della DPA 22

7 CONCLUSIONI 23

8 ALLEGATI 23

1 PREMESSA

Oggetto della seguente relazione è la valutazione preventiva dei campi elettromagnetici generati dagli impianti elettrici connessi alla realizzazione dell'impianto eolico offshore da realizzarsi nel canale d'Otranto di potenza complessiva di 525 MW formato da 35 aereogeneratori di potenza unitaria pari a 15 MW. Le uniche opere terrestri riguarderanno l'elettrodotto a 380 kV in singola terna interrato che interesseranno il territorio del Comune di Brindisi (BR).

La relazione ha lo scopo di descrivere le emissioni di campi magnetici, elettrici ed elettromagnetici generati durante l'esercizio dell'impianto e definire la compatibilità dell'impianto con i limiti normativi di esposizione e tutela della popolazione nonché permettere la verifica di compatibilità ed interferenza dell'impianto con eventuali impianti elettrici ed elettronici presenti in zona.

Nel § 2. si riportano alcune generalità sulle emissioni elettromagnetiche degli impianti elettrici, nel § 3. si illustrano i riferimenti legislativi e normativi in materia di emissioni elettromagnetiche e nel § 4. si riporta l'inquadramento dell'opera e la descrizione dell'opera da realizzarsi così come risultante dagli elaborati progettuali allegati al progetto definitivo.

Il § 5. contiene la valutazione preventiva dei campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici per le aree limitrofe all'opera e la relativa verifica di conformità della stessa alla legislazione vigente in materia di esposizione della popolazione.

Il § 6. contiene le conclusioni finali sulla base delle risultanze espresse nei paragrafi precedenti.

2 LE EMISSIONI ELETTROMAGNETICHE

I campi elettromagnetici consistono in onde elettriche (E) e magnetiche (H) che viaggiano insieme. Esse si propagano alla velocità della luce, e sono caratterizzate da una frequenza ed una lunghezza d'onda.

I campi ELF (Extremely Low Frequency) sono definiti come quelli di frequenza fino a 300 Hz. A frequenze così basse corrispondono lunghezze d'onda in aria molto grandi e, in situazioni pratiche, il campo elettrico e quello magnetico agiscono in modo indipendente l'uno dall'altro e vengono misurati e valutati separatamente.

I campi elettrici sono prodotti dalle cariche elettriche. Essi governano il moto di altre cariche elettriche che vi siano immerse. La loro intensità viene misurata in volt al metro (V/m) o in chilovolt al metro (kV/m). Quando delle cariche si accumulano su di un oggetto, fanno sì che cariche di segno uguale od opposto vengano, rispettivamente, respinte o attratte. L'intensità di questo effetto viene caratterizzata attraverso la tensione, misurata in volt (V).

A ogni dispositivo collegato ad una presa elettrica, anche se non acceso, è associato un campo elettrico che è proporzionale alla tensione della sorgente cui è collegato. L'intensità dei campi elettrici è massima vicino al dispositivo e diminuisce con la distanza. Molti materiali comuni, come il legno ed il metallo, costituiscono uno schermo per questi campi.

I campi magnetici sono prodotti dal moto delle cariche elettriche, cioè dalla corrente. Essi governano il moto delle cariche elettriche. La loro intensità si misura in ampere al metro (A/m), ma è spesso espressa in termini di una grandezza corrispondente, l'induzione magnetica, che si misura in tesla (T), millitesla (mT) o microtesla (μT). Ad ogni dispositivo collegato ad una presa elettrica, se il dispositivo è acceso e vi è una corrente circolante, è associato un campo magnetico proporzionale alla corrente fornita dalla sorgente cui il dispositivo è collegato. I campi magnetici sono massimi vicino alla sorgente e

diminuiscono con la distanza. Essi non vengono schermati dalla maggior parte dei materiali di uso comune, e li attraversano facilmente.

Ai fini dell'esposizione umana alle radiazioni non ionizzanti, considerando le caratteristiche fisiche delle grandezze elettriche in gioco in un impianto eolico (tensioni fino a 150.000 V, correnti continue o alternate a frequenza di 50 Hz) i campi elettrici e magnetici sono da valutarsi separatamente perché disaccoppiati.

3 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

3.1 Norme tecniche

- CEI 211-6 "Guida per la misura e per la valutazione dei campi elettrici e magnetici nell'intervallo di frequenza 0 Hz – 10 kHz, con riferimento all'esposizione umana";
- CEI R014-001 "Guida per la valutazione dei campi elettromagnetici attorno ai trasformatori di potenza";
- CEI 11-60 "Portata al limite termico delle linee elettriche aeree esterne con tensione maggiore di 100 kV";
- CEI 211-4 "Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati dalle linee e da stazioni elettriche";
- CEI 11-17 "Impianti di produzione, trasmissione, distribuzione pubblica di energia elettrica - Linee in cavo";
- CEI 106-11 "Guida per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti secondo le disposizioni del DPCM 8 luglio 2003 (Art. 6). Parte I".

3.2 Legislazione italiana

- Legge 22 febbraio 2001, n. 36 "Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici";
- DPCM 8 luglio 2003 "Fissazione dei limiti di esposizione, valori di attenzione ed obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti";
- DM 29 maggio 2008, GU n. 156 del 5 luglio 2008, "Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti".

3.3 Definizioni e Abbreviazioni

- Fascia di rispetto: è lo spazio circostante un elettrodotto, che comprende tutti i punti, al di sopra e al di sotto del livello del suolo, caratterizzati da un'induzione magnetica di intensità maggiore o uguale all'obiettivo di qualità (3 μT). Come prescritto dall'articolo 4, c. 1 lettera h) della Legge Quadro n. 36 del 22 febbraio 2001, all'interno delle fasce di rispetto non è consentita alcuna destinazione di edifici ad uso residenziale, scolastico, sanitario e ad uso che comporti una permanenza non inferiore a quattro ore;
- Esposizione della popolazione: è ogni tipo di esposizione ai campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici, ad eccezione dell'esposizione di cui alla lettera f) dell'art. 3 Legge 36/2001 e di quella intenzionale per scopi diagnostici o terapeutici;

- Elettrodotto: è l'insieme delle linee elettriche, delle sottostazioni e delle cabine di trasformazione;

3.4 Attuazione Normativa vigente

Secondo quanto previsto dalla legge del 22 febbraio 2001, n. 36, in particolare all'art. 4, comma 2, lettera a), il DPCM 8 luglio 2003 ha fissato i limiti di esposizione, i valori di attenzione e gli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dall'esposizione a campi elettrici e magnetici alla frequenza di 50 Hz connessi al funzionamento e all'esercizio degli elettrodotti:

LIMITE DI ESPOSIZIONE Valore efficace che non deve essere superato in caso di esposizione a campi elettrici e magnetici alla frequenza di 50 Hz generati da elettrodotti	**100 µT** **5 kV/m**
VALORE DI ATTENZIONE Mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio da considerare a titolo di misura di cautela per la protezione da possibili effetti a lungo termine, eventualmente connessi con l'esposizione ai campi magnetici generati alla frequenza di rete (50 Hz), nelle aree gioco per l'infanzia, in ambienti abitativi, in ambienti scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore giornaliere	**10 µT**
OBIETTIVO DI QUALITA' Mediana dei valori nell'arco delle ventiquattro ore nelle normali condizioni di esercizio da considerare ai fini della progressiva minimizzazione dell'esposizione ai campi elettrici e magnetici generati dagli elettrodotti operanti alla frequenza di 50 Hz nella progettazione di nuovi elettrodotti in corrispondenza di aree gioco per l'infanzia, di ambienti abitativi, di ambienti scolastici e di luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore e nella progettazione di nuovi insediamenti e delle nuove aree di cui sopra in prossimità di linee elettriche già presenti nel territorio	**3 µT**

In base all'art. 5 le tecniche di misurazione da adottare sono quelle indicate dalla norma CEI 211-6 prima edizione e successivi aggiornamenti. Inoltre, il sistema agenziale APAT-ARPA dovrà determinare le procedure di misura e valutazione, con l'approvazione del Ministero dell'Ambiente, per la determinazione del valore di induzione magnetica utile ai fini della verifica del non superamento del valore di attenzione e dell'obiettivo di qualità. Per la verifica delle disposizioni di cui agli articoli 3 e 4, oltre alle misurazioni e determinazioni di cui sopra, il sistema agenziale APAT-ARPA può avvalersi di metodologie di calcolo basate su dati tecnici e storici dell'elettrodotto.

Dal campo di applicazione del DPCM è espressamente esclusa, invece, l'applicazione dei limiti, valori di attenzione e obiettivi di qualità di cui sopra ai lavoratori esposti ai campi per ragioni professionali (art. 1 comma 2).

Inoltre, in base all'art. 1 comma 3 per tutte le sezioni di impianto non incluse nella definizione di "elettrodotto" o che sono esercite con frequenze diverse dai 50 Hz, fino a 100 kHz, si applicano i limiti della raccomandazione del Consiglio dell'Unione Europea del 12 luglio 1999, pubblicata nella G.U.C.E. n. 199 del 30 luglio 1999. In particolare, andrà rispettato, se applicabile nei confronti della popolazione, per la sezione in corrente continua il limite di riferimento per induzione magnetica di 40.000 μT.

L'art. 6 del DPCM 8/7/03 recita:

1."*Per la determinazione delle fasce di rispetto si dovrà fare riferimento all'obiettivo di qualità di cui all'art. 4 […]"*

2. "*L'APAT, sentite le ARPA, definirà la metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto ai fini delle verifiche delle autorità competenti".*

Per quanto riguarda la determinazione delle fasce di rispetto riferite agli elettrodotti sia aerei che interrati, il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio ha comunicato con lettera prot. DSA/2004/25291 del 15 novembre 2004, che "*la metodica da usarsi per la determinazione provvisoria delle fasce di rispetto pertinenti ad una o più linee elettriche aeree o interrate che insistono sulla medesima porzione di territorio può compiersi come segue:*

[…]

3. *Le linee possono essere schematizzate così come prevede la norma CEI 211-4 "Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee e da stazioni elettriche", cap. 4.1. Il calcolo può essere eseguito secondo l'algoritmo definito al cap. 4.3.*

4. *Si calcolano le regioni di spazio definite dal luogo delle superfici di isocampo di induzione magnetica pari a 3 μT in termini di valore efficace.*

5. *Le proiezioni verticali a livello del suolo di dette superfici determinano le fasce di rispetto. Le relative dimensioni, espresse in metri, possono essere arrotondate all'intero più vicino*".

Si precisa, inoltre, che secondo quanto previsto dal Decreto 29 maggio 2008 sopra citato (§ 3.2), la tutela in merito alle fasce di rispetto di cui all'art. 6 del DPCM 8 luglio 2003 si applica alle linee elettriche aeree ed interrate, esistenti ed in progetto **ad esclusione** di:

- linee esercite a frequenza diversa da quella di rete di 50 Hz (ad esempio linee di alimentazione dei mezzi di trasporto);
- linee di classe zero ai sensi del DM 21 marzo 1988, n. 449 (come le linee di telecomunicazione);
- linee di prima classe ai sensi del DM 21 marzo 1988, n. 449 (quali le linee di bassa tensione);

- linee di Media Tensione in cavo cordato ad elica (interrate o aeree);

La costruzione e l'esercizio dell'impianto eolico, così come riportato negli elaborati tecnici di progetto, saranno eseguiti secondo le norme di legge e le norme tecniche del CEI nonché, per la parte di connessione alla rete, secondo le disposizioni normative di Terna S.p.A.

La valutazione dei campi elettrici e magnetici a frequenza industriale è invece argomento della Norma CEI 211-4 "Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee e stazioni elettriche", dalla quale sono state tratte tutte le ipotesi di calcolo. In particolare:

- tutti i conduttori costituenti la linea (sia i conduttori attivi sia i conduttori di guardia) sono considerati rettilinei, orizzontali, di lunghezza infinita e paralleli tra di loro; in base a queste ipotesi, si trascura la componente longitudinale dell'induzione magnetica; nella realtà, i conduttori suddetti si dispongono secondo una catenaria, ma la componente longitudinale non supera in genere il 10% delle altre componenti del campo, per cui l'errore che si commette, nel calcolo della risultante, è certamente inferiore, in percentuale, a questo valore;
- i conduttori sono considerati di forma cilindrica, con diametro costante disposti a fascio di 3 per fase; si suppone che la distanza tra i singoli conduttori a uguale potenziale sia piccola rispetto alla distanza tra i conduttori a diverso potenziale; si suppone inoltre che i conduttori appartenenti ad un fascio siano uguali tra di loro e che, in una sezione normale del fascio, i loro centri giacciano su una circonferenza (circonferenza circoscritta al fascio); in base a queste ipotesi, si sostituisce al fascio di sub-conduttori un conduttore unico di opportuno diametro equivalente;
- il suolo è considerato piano, privo di irregolarità, perfettamente conduttore dal punto di vista elettrico, perfettamente trasparente dal punto di vista magnetico;
- si trascura l'influenza sulla distribuzione del campo dei tralicci stessi, di piloni di sostegno, degli edifici, della vegetazione e di qualunque altro oggetto che si trovi nell'area interessata, ovvero si calcola il campo imperturbato.

Le ipotesi suddette permettono di ridurre il calcolo del campo ad un problema piano, essendo, in questo caso, la distribuzione stessa uguale su qualunque sezione normale all'asse longitudinale della linea. A parità di altri fattori, l'accuratezza dei dati forniti è ovviamente tanto maggiore quanto più le condizioni reali sono aderenti a quelle sopra elencate.

La guida CEI 106-11 "Guida per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti secondo le disposizioni del DPCM 8 luglio 2003 (art. 6) - Parte 1: Linee elettriche aeree e in cavo" costituisce l'applicazione delle formule fornite dalla guida CEI 211-4 ai diversi tipi di elettrodotti, quindi anche interrati. A sufficiente distanza dalla terna di conduttori, la superficie su cui l'induzione assume lo stesso valore (superficie isolivello) ha con buona approssimazione la forma di un cilindro avente come asse la catenaria ideale passante per il baricentro dei conduttori. La sezione trasversale di tale cilindro è una circonferenza. Prendendo in considerazione il valore di 3 μT, si può calcolare il raggio della corrispondente circonferenza, che costituisce la fascia di rispetto.

4 DESCRIZIONE DELL'OPERA

4.1 Inquadramento dell'opera

Le opere in oggetto riguardano la realizzazione di un impianto per la produzione di energia mediante lo sfruttamento del vento offshore nel Canale d'Otranto costituita da 35 aerogeneratori da 15 MW. Le uniche opere Terrestri riguardano l'elettrodotto AAT a 380 kV formato da una terna interrata.

La potenza complessiva dell'impianto è pari a 525 **MW**, e dal punto di vista elettrico si prevede la realizzazione di:

1. n° 35 **aerogeneratori**, di potenza unitaria nominale pari a 15 MW.

2. **Elettrodotto a 66 kV** per il trasporto dell'energia elettrica prodotta dal parco eolico alla Stazione Elettrica Utente offshore;

3. **Stazione di Trasformazione offshore 380/66 kV** per la raccolta dell'energia prodotta dagli aerogeneratori e elevarla in Alta Tensione per il trasporto e la connessione.

4. L'opera si completa con un **elettrodotto di connessione** a **380 kV** tra la Stazione offshore e la stazione Terna RTN con una prima parte in cavo sottomarino e una seconda parte in cavo terrestre;

Nel seguito della presente relazione si descrivono nel dettaglio i profili e le caratteristiche più significative delle opere da realizzare.

Il tracciato degli elettrodotti interrati ricade per la maggior parte su viabilità pubblica e la restante parte su terreni privati.

5 STAZIONE DI TRASFORMAZIONE OFF-SHORE 380/66 KV

5.1 Descrizione

La società proponente ha intenzione di realizzerà in posizione baricentrica rispetto alle pale eoliche off-shore una Stazione di Trasformazione 380/66 kV (di cui si ha meglio evidenza negli elaborati allegati) atta a ricevere l'energia prodotta dall'impianto eolico off-shore per trasformarla dal livello di tensione 66 kV in altissima tensione a 380 kV e vettoriarla con raccordo in cavo AAT verso la SE RTN.

All'interno della Stazione di Trasformazione offshore la tensione viene innalzata da 66 kV (tensione nominale del sistema di rete di raccolta tra i vari aerogeneratori) a 380 kV e da qui con raccordi in cavo sottomarino e interrato terreste si collegherà su uno stallo a 380 kV presso la SE RTN di Brindisi.

La Stazione Elettrica off-Shore, come meglio evidenziato nel documento specialistico PTO_5.2 prodotto dalla ESE Srl, sarà composta da due GIS a tensione rispettivamente pari a 66kV e 380kV.

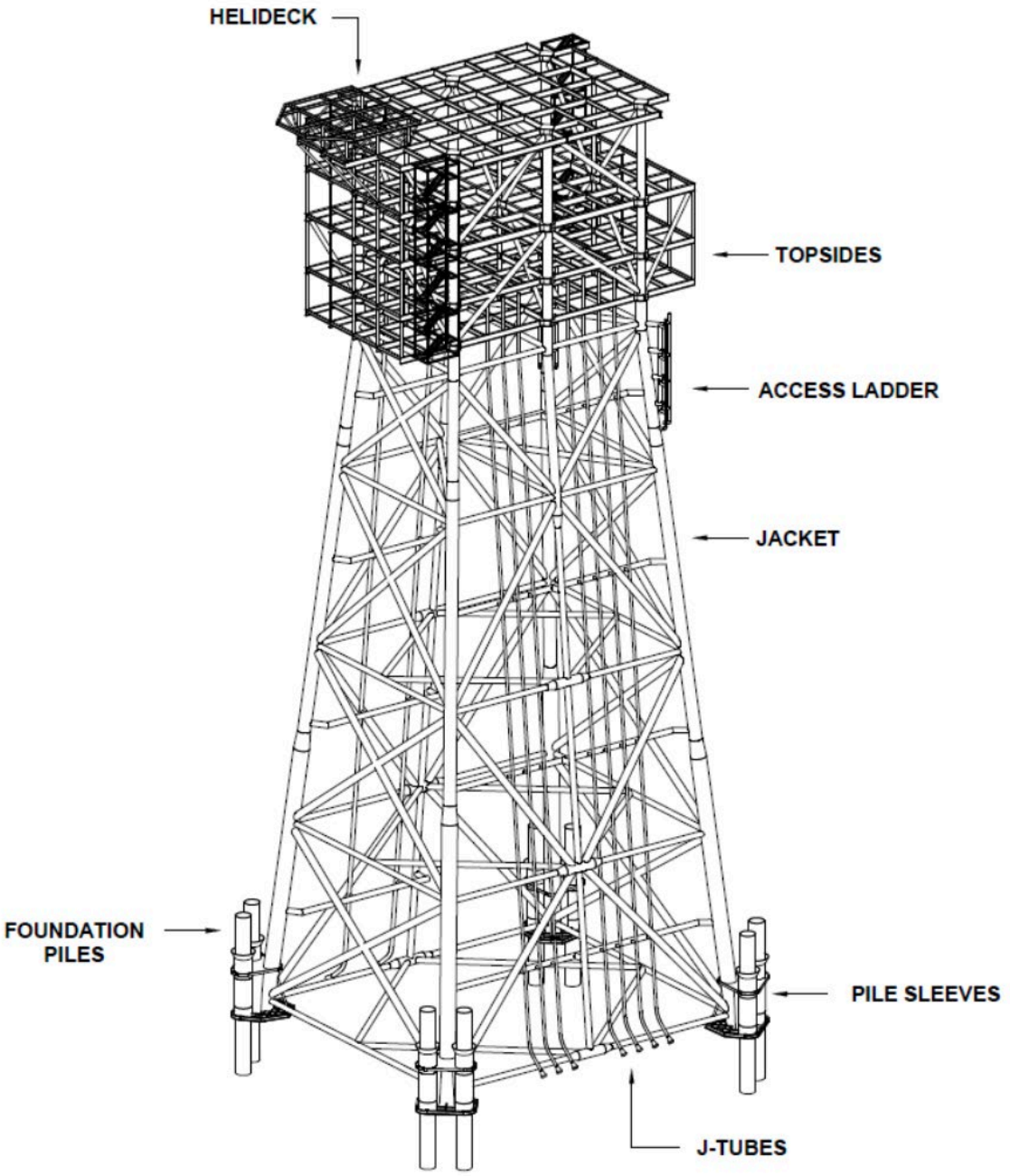
5.2 Struttura della Stazione di Trasformazione Offshore

La struttura della sottostazione offshore è di tipo fisso ed è composta dai seguenti componenti:

- sottostruttura (Jacket);
- pali di fondazione;
- sovrastruttura (Topsides).

5.2.1 Jacket

Il Jacket è una struttura reticolare saldata in acciaio tubolare a 4 gambe di forma tronco piramidale, che si estende dal fondale (-105m) a elevazione +15m dal livello del mare. Gli elementi tubolari e diagonali di controventatura sono disposti su quattro file principali, con inclinazioni 1/10 e 1/12, e 5 piani orizzontali, che si trovano alle el. +11.0m, -13.0m, -43.0m, -73.0m, -103.0m dal livello del mare.



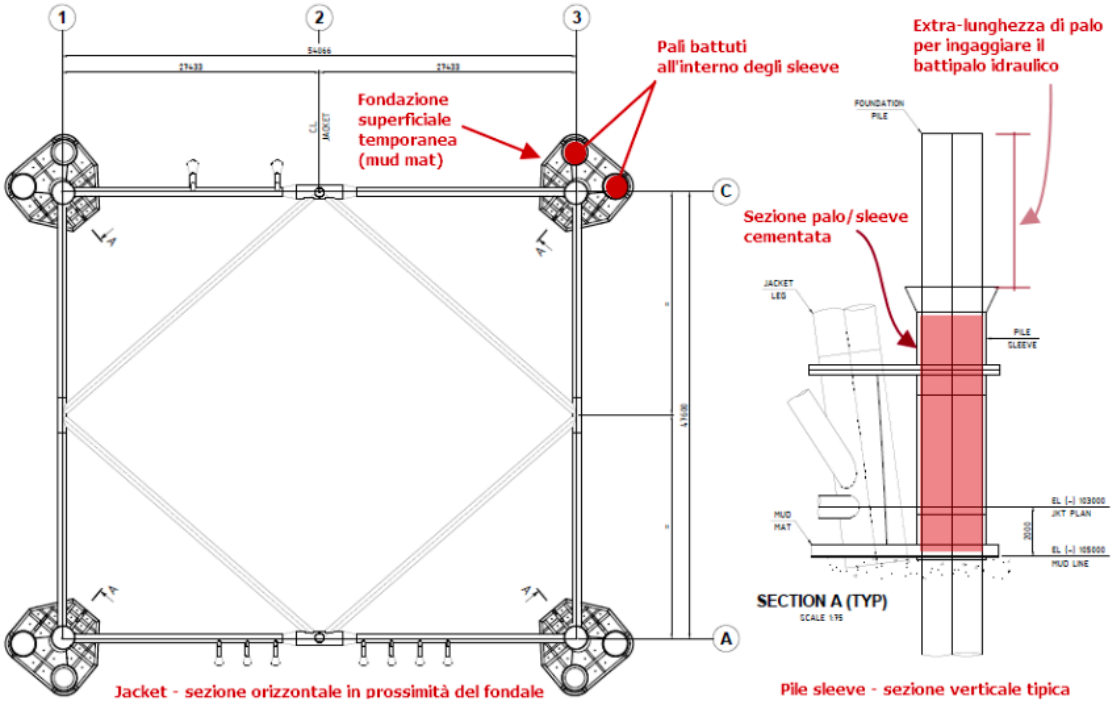
Struttura Piattaforma

Attracchi

La piattaforma è dotata di due attracchi disposti sulle due gambe del Jacket lato est per consentire l'accesso dal mare tramite Crew Transfer Vessel (CTV). Gli attracchi sono fissati alla struttura principale e pertanto saranno installati insieme al Jacket.

5.2.2 Fondazioni

La struttura del Jacket è ancorata al fondale mediante pali di fondazione di tipo 'skirt piles', posizionati ai quattro angoli. In questa fase di progetto sono stati considerati otto skirt piles (due per angolo).



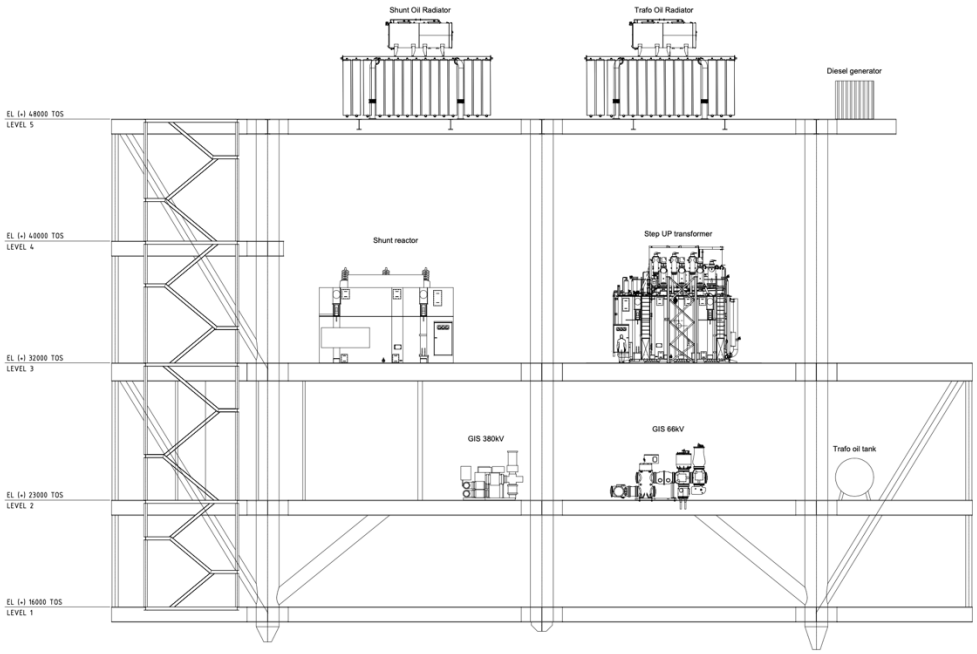
5.2.2.1 Topsides

Il Topsides è una struttura tralicciata a 5 livelli, al cui interno si trovano tutte le apparecchiature elettriche, gli impianti e il modulo alloggi.

I principali livelli previsti sono (quote rispetto al livello del mare):

- Livello 1 - el+16.0m - Cable deck: piano a cui arriva la sommità dei J-tube, dedicato a fornire adeguata portata e spazio per i sistemi di pulling e per il routing dei cavi ai GIS 66kV e 380kV;
- Livello 2 - el. +23.0m - Utility deck: piano a cui sono alloggiati i GIS 66kV, 380kV e le control rooms;
- Livello 3 - el. +32.0m - Main deck –: piano a cui si trovano main transformers e shunt reactors;
- Livello 4 - el. +40.0m – Piano intermedio per servizi limitato ai due sbalzi laterali, non facente parte della tralicciatura principale del modulo; se richiesto, può essere aggiunto un ulteriore livello tra el. +32.0m e +48.0m;

- Livello 5 - el. +48.0m - Weather deck: copertura di capacità portante adeguata per il carico e la movimentazione di attrazzature;
- Livello 6 - el.+53.0m - Helideck: piano di appontaggio per elicotteri.



Livelli principali Topsides

5.3 Sistema GIS 66 kV

Il GIS a 66kV sarà formato da:

- N.7 stalli (baie) in ingresso dal Parco Eolico.
- N.2 stalli (baie) per alimentazione dei due trasformatori ausiliari utili all'alimentazione degli ausiliari di impianto.
- N.2 stalli collegati ai trasformatori da 300MVA per innalzare il livello di tensione a 380kV.
- Il sistema sarà diviso in due semi sbarre collegate tramite un coupler normalmente aperto. Ogni semi-sbarra sarà equipaggiata con trasformatore di tensione e lame di messa a terra.

5.4 Sistema GIS a 380 kV

Il GIS a 380 kV sarà formato da uno stallo che permetterà il:

- Collegamento tramite n°1 terna di cavi sottomarini unipolari a uno stallo RTN di connessione per l'esportazione dell'energia prodotta dall'impianto eolico.
- Collegamento ai due Shunt Reactors previsti per la compensazione dell'energia capacitiva dovuta ai collegamenti in cavo sottomarino.
- Collegamento ai trasformatori innalzatori 66/380kV.

Dagli stalli dei trasformatori abbassatori del GIS 66kV si distribuirà l'energia agli ausiliari di sottostazione tramite n°2 trasformatori AT/BT. Ogni trasformatore si collegherà al quadro principale di Bassa Tensione che alimenterà a sua volta gli ausiliari di impianto.

5.5 Sistema BT

Il sistema in BT è caratterizzato da:

- N. 1 quadro di Bassa Tensione a 400 V (denominato LVSG-AUX1) per l'alimentazione dei sottoquadri ausiliari. Il quadro sarà diviso in n°3 semi sbarre con due interruttori di accoppiamentosbarre automatico (ATS.) Il quadro sarà normalmente alimentato dai due trasformatori ausiliari ed in caso di emergenza dal Generatore Diesel.
- Sistema in corrente continua (DC UPS)
- Gruppo di continuità in corrente alternata (AC UPS)

In aggiunta a quanto sopra, saranno previsti tutti i sistemi ausiliari d'impianto, necessari al corretto funzionamento della sottostazione, quali ad esempio:

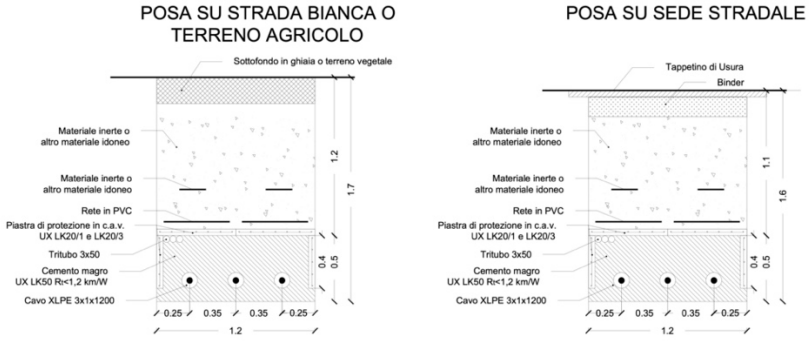
- Sistema di controllo e protezione
- Sistema HVAC
- Sistema antincendio
- Sistema luci e prese
- Sistema di videosorveglianza
- Sistema trattamento acqua

Il dettaglio della distribuzione elettrica è rappresentato nello schema unifilare allegato al PTO Utente.

Il dettaglio della disposizione in pianta dei componenti è rappresentato nel layout stazione offshore contenuto nel documento PTO_5.2 Stazione di Trasformazione offshore 380/66 kV.

5.6 Elettrodotto AAT di connessione a 380 kV

Il collegamento della Stazione Elettrica Utente Offshore alla Stazione Terna avverrà tramite elettrodotto in cavo sottomarino per la parte in mare ed elettrodotto in cavo interrato AAT a 380 kV con sezione pari a 1200 mm^2 in configurazione di posa piana, verranno posate in scavo alla profondità di 1,4 m circa.



5.7 Elettrodotto a 66 kV

Lenergia elettrica prodotta avviene mediante cavi sottomarini adagiati sul fondo che collegano gli aerogeneratori alla stazione di trasformazione 380/66 kV.

Il tracciato è stato definito in modo da minimizzare le interferenze e da utilizzare sempre la viabilità esistente.

5.8 Aerogeneratore

Trattasi di aerogeneratori trifase con potenza nominale di 15.000 MW, muniti di due trasformatori 0,79/66 kV collegati in parallelo e posizionati alla base della torre.

Le pale della macchina, sono realizzate in resina epossidica rinforzata con fibra di vetro, sono fissate su un mozzo e nell'insieme costituiscono il rotore; il mozzo è direttamente collegato all'albero e al rotore del generatore elettrico (sincrono trifase), a formare un unico corpo.

L'intera navicella viene posta su di una torre avente forma conica tubolare.

Oltre ai componenti prima detti, vi è un sistema di controllo che esegue diverse funzioni:

- ✓ il controllo della potenza, che viene eseguito ruotando le pale intorno all'asse principale in maniera da aumentare o ridurre la superficie esposta al vento, in rapporto al profilo delle pale scelto;
- ✓ il controllo della navicella, detto controllo dell'imbardata, che serve ad inseguire la direzione del vento, ma che può essere anche utilizzato per il controllo della potenza;
- ✓ l'avviamento della macchina, allorché è presente un vento di velocità sufficiente, e la fermata della macchina, quando vi è un vento di velocità superiore a quella massima per la quale la macchina è stata progettata.

La velocità del vento di avviamento è la minima velocità del vento che dà la potenza meccanica corrispondente al massimo rendimento aerodinamico del rotore. Quando la velocità del vento supera il valore corrispondente alla velocità di avviamento la potenza cresce al crescere della velocità del vento.

La potenza cresce fino alla velocità nominale e poi si mantiene costante fino alla *Cut-out wind speed* (velocità di fuori servizio).

Per ragioni di sicurezza, a partire dalla velocità nominale, la turbina si regola automaticamente e l'aerogeneratore fornirà la potenza nominale servendosi dei suoi meccanismi di controllo. L'aerogeneratore si avvicinerà al valore della potenza nominale a seconda delle caratteristiche costruttive della turbina montata: passo fisso, passo variabile, velocità variabile, etc.

5.9 Caratteristiche della rete elettrica

La rete elettrica da realizzare è divisa in tre sezioni in base alla tensione di esercizio:

a. *Bassa tensione* (inferiore a 1 kV): collegamenti tra la navicella ed il trasformatore elevatore BT/MT.

b. Media Tensione (66 kV): collegamenti tra le trasformazioni delle torri e la sottostazione offshore; tali condutture sono tutte posate sul fondo del mare

c. Altissima tensione (380 kV):

- collegamento della Stazione Offshore 380/66 kV alla stazione AAT/AT di Brindisi (BR), da effettuare , nella prima parte, con cavo sottomarino e la seconda parte, in esecuzione interrata con cavi unipolari a campo elettrico radiale singolarmente schermati, disposti in piano, posati direttamente nello scavo;
- Stazione Offshore 380/66 kV e stazione 380/150 kV di Brindisi (BR), formate la prima, essenzialmente dal trasformatore elevatore 380/66 kV e dalle sbarre e apparecchiature di sezionamento, interruzione e misura a 380 3 66 kV tutti con esecuzione in GIS.

6 VALUTAZIONE PREVENTIVA CAMPI ELETTRICI E MAGNETICI

6.1 Valutazione analitica dei campi magnetici generati dagli elettrodotti a 380 kV

Come si vede dalle caratteristiche della rete elettrica esposte nel paragrafo precedente, tutto l'impianto a mare è posizionato fuori dalla portata di personale non specializzato che possa sostare nei pressi dell'impianto offshore più di 4 ore giornaliere.

Per questo la valutazione è effettuata nei riguardi dell'elettrodotto in cavo interrato AAT a 380 kV dall'approdo alla consegna sullo stallo a 380 kV del futuro ampliamento della Stazione 380/150 di Brindisi (BR).

Le linee elettriche durante il loro funzionamento generano un campo elettrico e un campo magnetico. Il primo è proporzionale alla tensione della linea stessa, mentre il campo magnetico è proporzionale alla corrente che l''attraversa. Entrambi decrescono molto rapidamente con la distanza dalla linea.

Per il calcolo dei valori imperturbati del campo elettrico e magnetico è stato utilizzato il software XGSA FD della XGSALAB Software. Con XGSA FD, se necessario, si potrà effettuare anche un'analisi tridimensionale.

6.2 Distanza di Prima Approssimazione DPA

Ai sensi del DPCM 29/05/08 il gestore della rete o un esercente di linee elettriche su suolo pubblico è tenuto a calcolare la fascia di rispetto come Distanza di Prima Approssimazione (DPA) per comunicarla agli enti. La DPA è la distanza in pianta, sul livello del suolo, dalla proiezione del centro linea che garantisce che ogni punto la cui proiezione al suolo disti dalla proiezione del centro linea più della DPA si trovi all'esterno delle fasce di rispetto.

Per l'elettrodotto di progetto, i grafici di seguito riportati, mostrano sull'asse delle ascisse la distanza orizzontale dall'asse dell'elettrodotto (sinistra e destra); invece sull'asse delle ordinate la distanza verticale dei conduttori dal suolo.

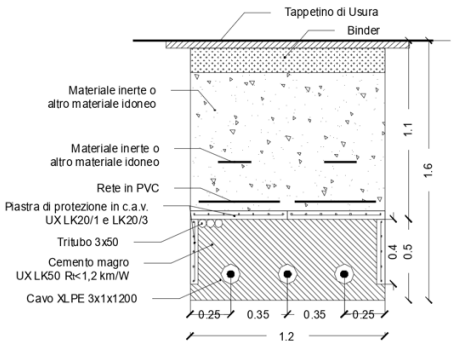
I livelli di induzione magnetica riscontrabili nelle regioni di spazio circostanti la linea elettrica sono evidenziate con fasce di colori differenti.

Inoltre sulle tavole allegate sono riportate in pianta le DPA su tutto il tracciato calcolate con il software per tenere dentro i casi particolari come le deviazioni angolari.

6.2.1.1 Caso con n. 1 terne di cavi AAT interrati terrestri di sezione 1200 mm^2

Di seguito vengono riportati i dati utilizzati e i risultati delle elaborazioni per la terna di cavo AAT a 380 kV. Esso sarà formato da una terna interrata di cavi con sezioni da 1200 mm^2.

POSA SU SEDE STRADALE



Sezione Scavo tipo cavidotto AAT

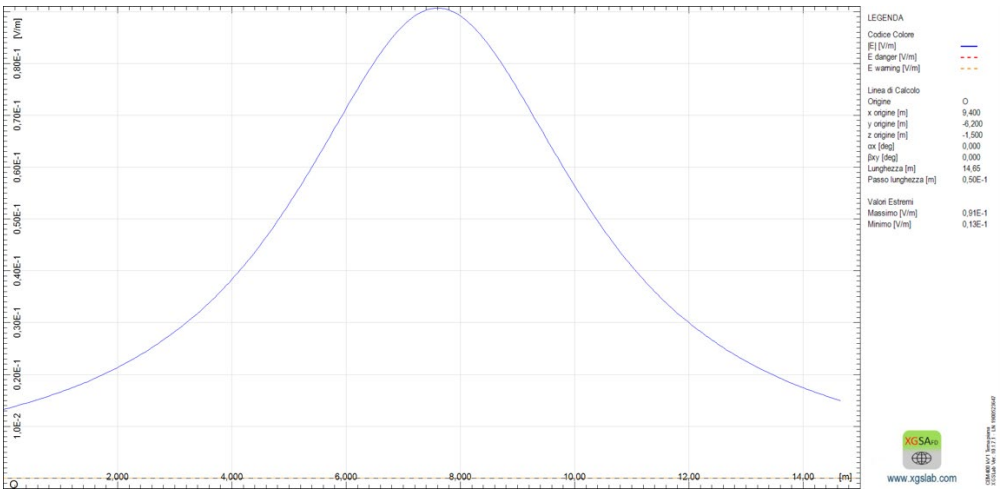
Per i dati elettrici si sono usati i seguenti valori:

- Tensione Nominale: 380.000 V
- Corrente di Impiego del cavo: 800 A
- Sezione cavo: 1200 mm^2
- Profondità di posa 1,5 m
- Diametro conduttore 120 mm

Campo Elettrico cavo AAT

Di seguito si riportano i risultati di calcolo ottenuti per il campo elettrico ad 1,5 m da terra per una ipotetica sezione trasversale.

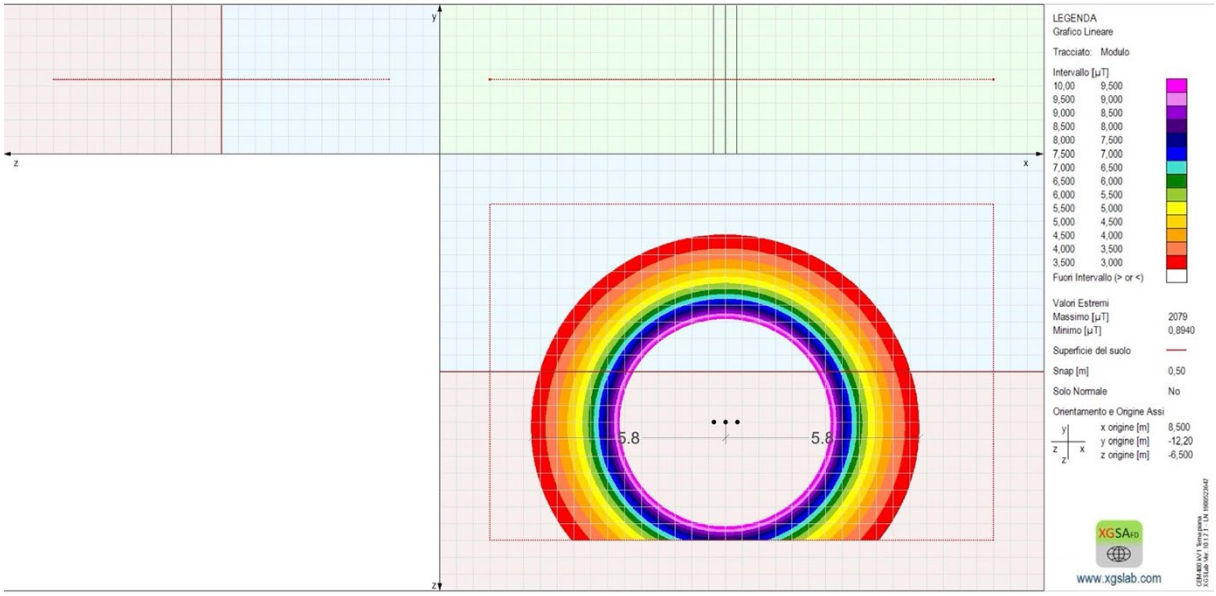
Si vede dal Grafico che non si avranno in nessun caso valori superiori a 5 kV/m.



Profilio Campo Elettrico ad altezza a 1,5 m

Campo Magnetico (Induzione Magnetica) cavo AAT

Di seguito è riportata le sezioni di calcolo verticale del campo magnetico (ovvero induzione magnetica) risultante.



Calcolo Indizione Magnetica sulla sezione del cavo AAT da 1200 mm²

Come si vede dai risultati di calcolo si ritiene di adottare una fascia di rispetto pari alla **DPA=5,8 m** asse linea. Per tutto il tracciato del cavidotto AAT a 380 kV, in tale fascia, non sono presenti luoghi adibiti a permanenza non inferiore a 4 ore giornaliere, Come abitazioni, asili ecc.

6.2.1.2 Campo Magnetico (Induzione Magnetica) Stazione RTN AAT

LA FIG. 1 mostra la planimetria di una tipica stazione di trasformazione 380/132 kV di TERNA all'interno della quale sono stata effettuate una serie i misure di campo elettrico e magnetico al suolo.

La stessa fig. 1 fornisce l'indicazione delle principali distanze fase – terra e fase – fase, nonché la tensione sulle sbarre e le correnti nelle varie linee confluenti nella stazione, registrate durante l'esecuzione delle misure.

Inoltre nella fig. 1 sono evidenziate le aree all'interno delle quali sono state effettuate le misure; in particolare, sono evidenziate le zone ove i campi sono stati rilevati per punti utilizzando strumenti portabili (aree A, B, C, e D), mentre sono contrassegnate in tratteggio le vie di transito lungo le quali la misura dei campi è stata effettuata con un'opportuna unità mobile (furgone completamente attrezzato per misurare e registrare con continuità i campi).

Va sottolineato che, grazie alla modularità degli impianti della stazione, i risultati delle misure effettuate nelle aree suddette, sono sufficienti a caratterizzare in modo abbastanza dettagliato tutte le aree interne alla stazione stessa, con particolare attenzione per le zone di più probabile accesso da parte del personale. Nella tabella 1 è riportata una sintesi dei risultati delle misure di campo elettrico e magnetico effettuate nelle aree A, B, C e D.

Per quanto riguarda le registrazioni effettuate con l'unità mobile, la fig. 2 illustra i profili del campo elettrico e di quello magnetico rilevati lungo il percorso n. 1, quello cioè che interessa prevalentemente la parte a 380 kV della stazione.

I valori massimi di campo elettrico e magnetico si riscontrano in prossimità degli ingressi linea a 380 kV. In tutti i casi i valori del campo elettrico e di quello magnetico riscontrati al suolo all'interno delle aree di stazione sono risultati compatibili con i limiti di legge.

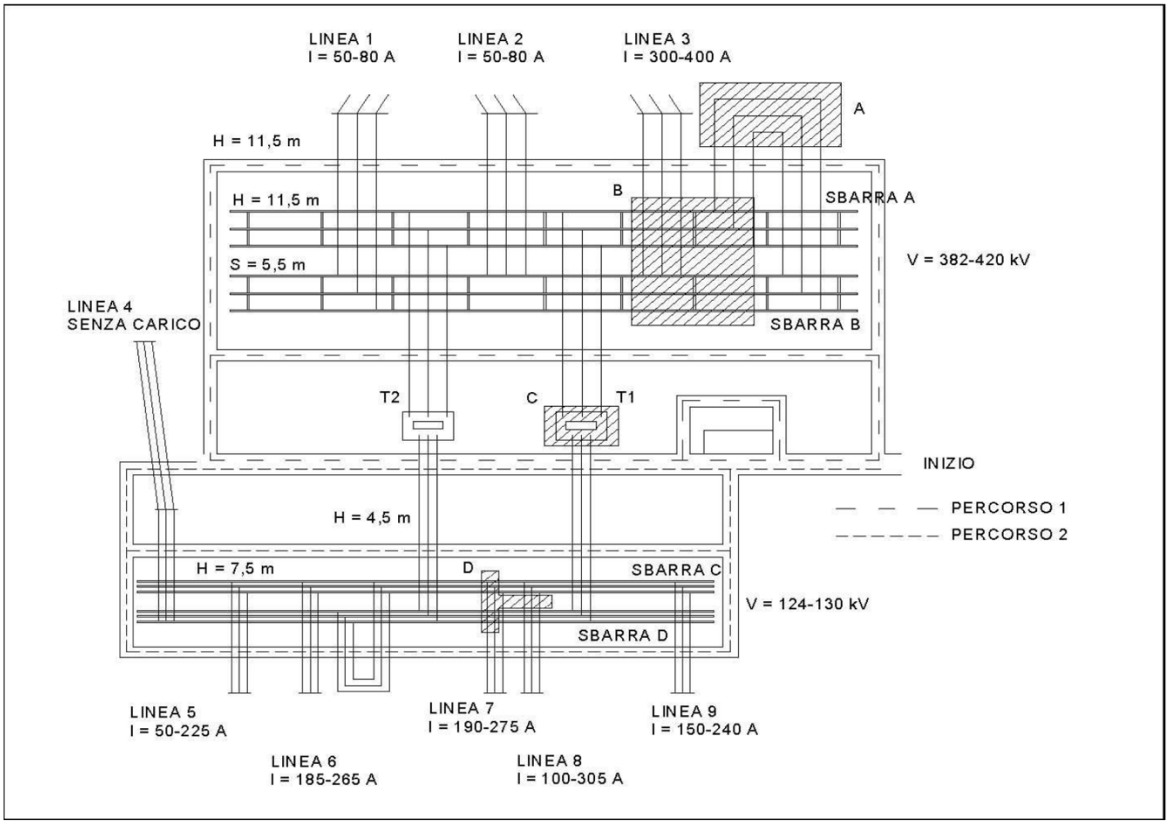


Fig 1 - Pianta di una tipica stazione 380/132 kV con l'indicazione delle principali distanze fase-fase (S) e fase-terra (H) e delle variazioni delle tensioni e delle correnti durante le fasi di misurazioni di campo elettrico e magnetico.

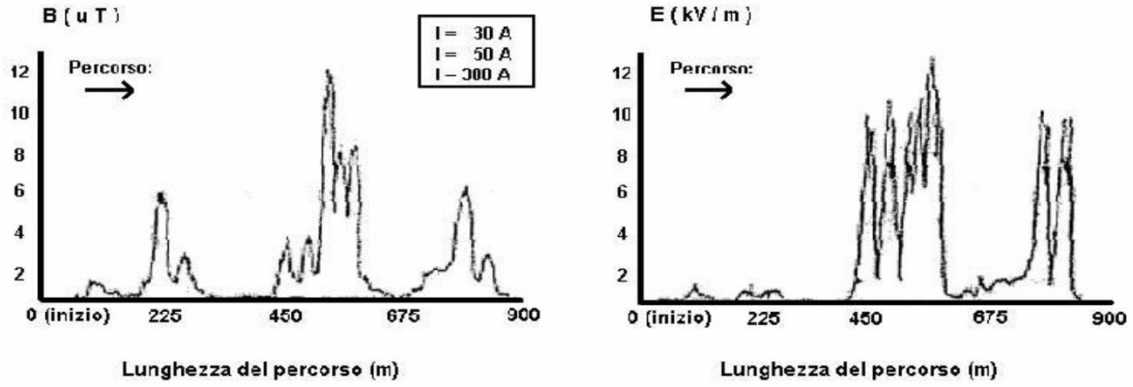


Fig. 2- Risultati della misura dei campi elettrici e magnetici effettuate lungo le vie interne della sezione a 380 kV della stazione riportata in fig. 1

Area	Numero di punti di misura	Campo Elettrico (kV/m)			Induzione Magnetica (μT)		
		E max	E min	E max	B min	B max	B min
A	93	11,7	5,7	11,7	5,7	11,7	5,7
B	249	12,5	0,1	12,5	0,1	12,5	0,1
C	26	3,5	0,1	3,5	0,1	3,5	0,1

Tab. 1 Risultati della misura del campo elettrico e dell'induzione magnetica nelle aree A, B, C, e D di fig. 1

6.2.1.3 Caso con n. 1 terne di cavi AAT offshore di sezione 1200 mm^2

Di seguito vengono riportati i dati utilizzati e i risultati delle elaborazioni per la terna di cavo AAT a 380 kV. Esso sarà formato da una terna interrata di cavi con sezioni da 1200 mm^2.

Sezione Scavo tipo cavidotto AAT marino

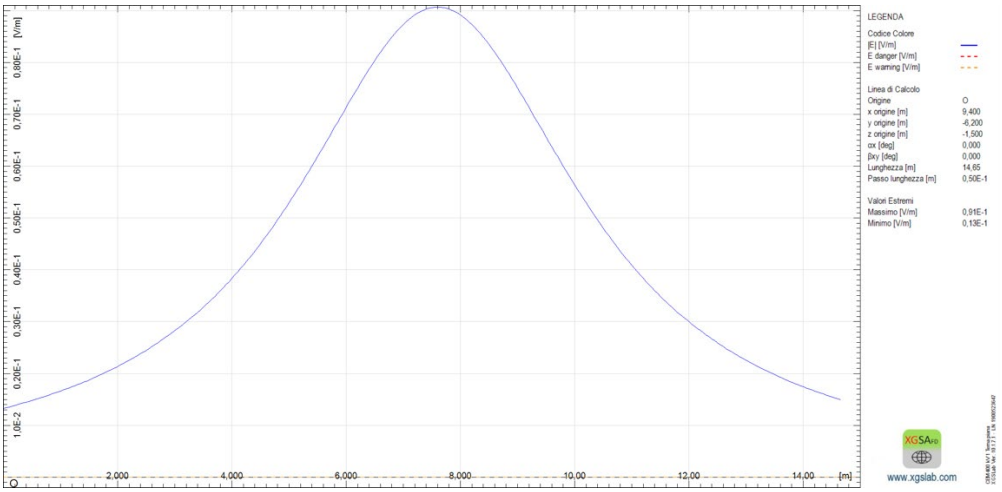
Per i dati elettrici si sono usati i seguenti valori:

- Tensione Nominale: 380.000 V
- Corrente di Impiego del cavo: 800 A
- Sezione cavo: 1200 mm^2
- Profondità di posa 1,5 m
- Diametro riunione: 250 mm

Campo Elettrico cavo AAT

Di seguito si riportano i risultati di calcolo ottenuti per il campo elettrico ad 1,5 m da terra per una ipotetica sezione trasversale.

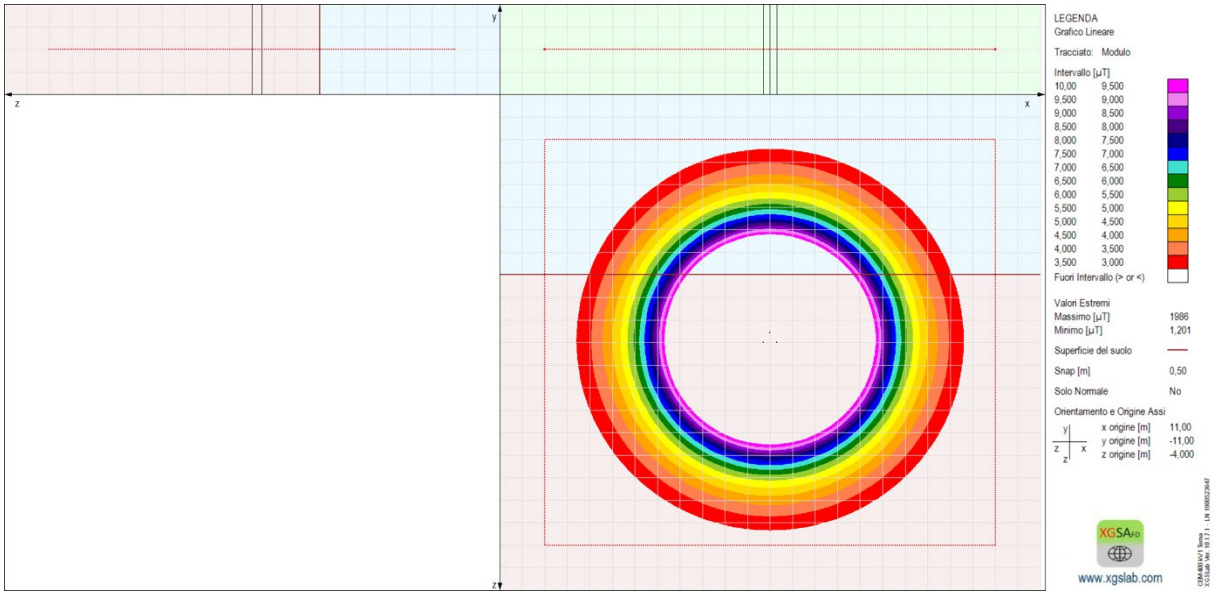
Si vede dal Grafico che non si avranno in nessun caso valori superiori a 5 kV/m.



Profilio Campo Elettrico

Campo Magnetico (Induzione Magnetica) cavo AAT

Di seguito è riportata le sezioni di calcolo verticale del campo magnetico (ovvero induzione magnetica) risultante.



Calcolo Indizione Magnetica sulla sezione del cavo AAT da 1200 mm^2

Come si vede dai risultati di calcolo se si volesse adottare una fascia di rispetto sarebbe pari alla **DPA=4,3 m** asse linea. Per tutto il tracciato del cavidotto AAT a 380 kV, in tale fascia, non sono presenti luoghi adibiti a permanenza non inferiore a 4 ore giornaliere.

6.2.1.4 Caso con n. 2 terne di cavi a 66 kV offshore di sezione 1000 mm^2

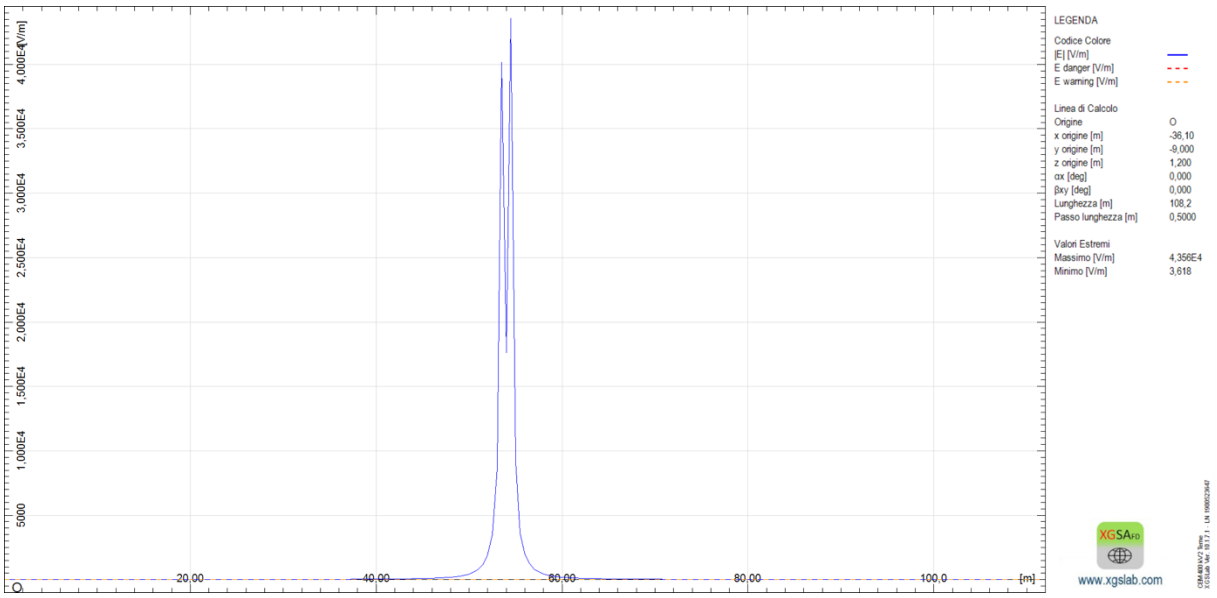
Di seguito vengono riportati i dati utilizzati e i risultati delle elaborazioni per il caso peggiore che si potrebbe avere con due terne di cavo a 66 kV nei collegamenti offshore. Esso sarà formato da due terna di cavi con sezioni da 1000 mm^2.

Per i dati elettrici si sono usati i seguenti valori:

- Tensione Nominale: 380.000 V
- Corrente di Impiego del cavo: 657 A
- Sezione cavo: 1000 mm^2
- Profondità di posa 1,5 m
- Diametro riunione: 250 mm

Campo Elettrico cavo a 66 kV

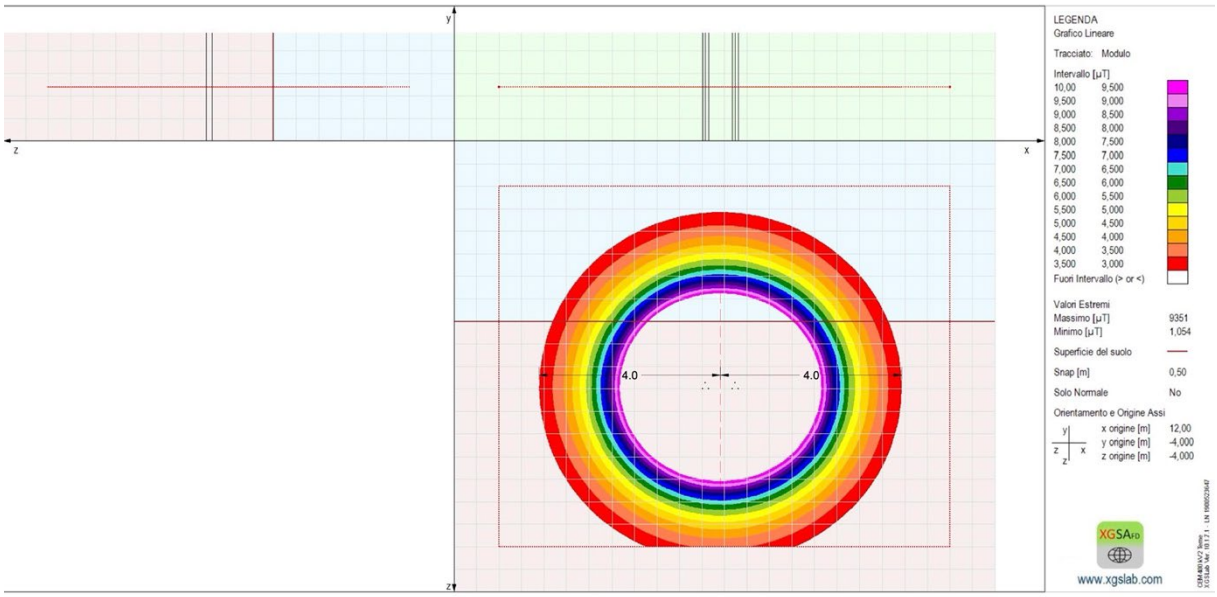
Di seguito si riportano i risultati di calcolo ottenuti per il campo elettrico calcolato sopra i due cavi a 66 kV per una ipotetica sezione trasversale. Si vede che il campo decresce velocemente a qualche metro dall'asse dei cavi, raggiungendo valori al disotto dei 5 kV/m.



Profilio Campo Elettrico

Campo Magnetico (Induzione Magnetica) cavi a 66 kV

Di seguito è riportata le sezioni di calcolo verticale del campo magnetico (ovvero induzione magnetica) risultante.

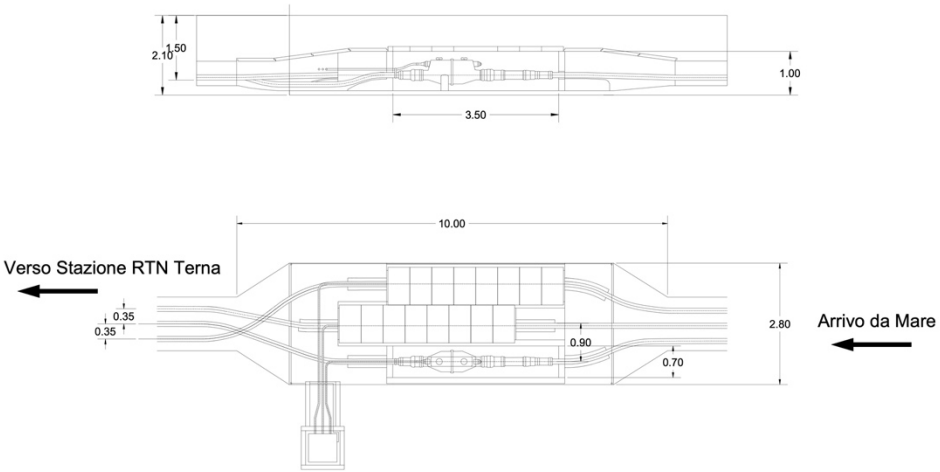


Calcolo Indizione Magnetica sulla sezione dei cavi a 66 kV da 1000 mm²

Come si vede dai risultati di calcolo se si volesse adottare una fascia di rispetto sarebbe pari alla **DPA=4 m** asse linea. Per tutto il tracciato del cavidotto a 66 kV, in tale fascia, non sono presenti luoghi adibiti a permanenza non inferiore a 4 ore giornaliere.

6.2.1.5 Caso Vasca giunti/approdo

Di seguito vengono riportati i dati utilizzati e i risultati delle elaborazioni per il calcolo della terna in piano sui giunti di vasca approdo.



Particolare vasca

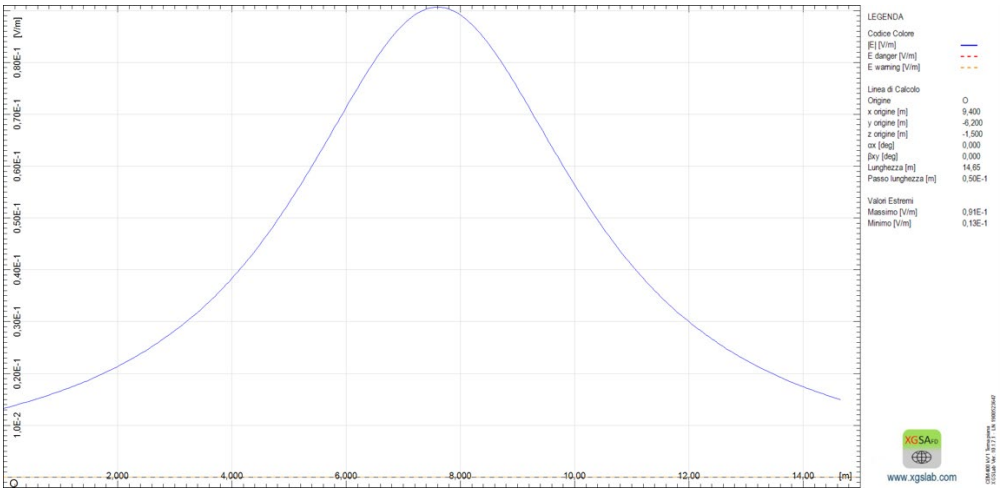
Per i dati elettrici si sono usati i seguenti valori:

- Tensione Nominale: 380.000 V
- Corrente di Impiego del cavo: 800 A
- Sezione cavo: 1200 mm^2
- Profondità di posa 1,5 m
- Diametro conduttore 120 mm

Campo Elettrico cavo AAT

Di seguito si riportano i risultati di calcolo ottenuti per il campo elettrico ad 1,5 m da terra per una ipotetica sezione trasversale.

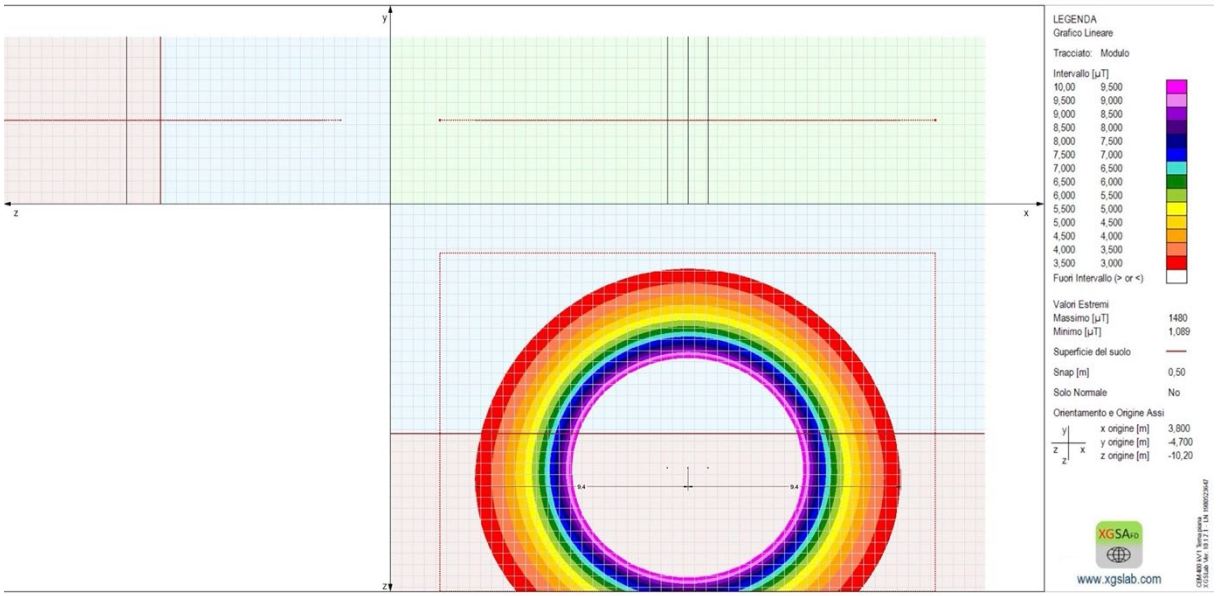
Si vede dal Grafico che non si avranno in nessun caso valori superiori a 5 kV/m.



Profilio Campo Elettrico ad altezza a 1,5 m

Campo Magnetico (Induzione Magnetica) cavo AAT

Di seguito è riportata le sezioni di calcolo verticale del campo magnetico (ovvero induzione magnetica) risultante.



Calcolo Indizione Magnetica sulla sezione delle giunture cavo AAT da 1200 mm²

Come si vede dai risultati di calcolo si ritiene di adottare una fascia di rispetto pari alla **DPA=9,4 m** asse linea. Nelle zone limitrofe alla vasca giunti AAT a 380 kV non sono presenti luoghi adibiti a permanenza non inferiore a 4 ore giornaliere, Come abitazioni, asili ecc.

6.3 Rappresentazione delle DPA/ApA

Le DPA/ApA che tengono in conto anche i cambi di direzione, sono rappresentate sui seguenti elaborati:

PTO 5.5 Tracciati Elettrodotto Impianto di Rete Utente su Ortofoto con DPA

PTO 5.6 Tracciati Elettrodotto Impianto di Rete Utente su Catastale con DPA

Come si evince dai suddetti elaborati è presente all'interno della DPA solo un fabbricato per cui si è reso necessario un calcolo puntuale dell'induzione magnetica su tale interferenza che sarà analizzata nel paragrafo successivo.

6.4 Analisi dei fabbricati all'interno della DPA

I fabbricati ricadenti all'interno della DPA sono stati puntualmente analizzati, nel caso specifico un solo fabbricato rientra di poco all'interno della DPA, con in primis un sopralluogo per rilevare l'asse della linea rispetto al fabbricato e per capire se fosse classificabile come luogo con permanenza superiore alle 4 ore.

In un secondo momento è stato effettuato un calcolo specifico, con sezioni trasversali sulla linea-Fabbricato utilizzando il software XGSA FD.

Nella tabella seguente sono riassunti i fabbricati e i riferimenti alle relative sezioni, allegate alla presente, raffiguranti i risultati dei calcoli.

Rif.	Tipologia Fabbricato	Posizione	Sezione	Fabbricato all'interno della fascia dei 3 µT	Applicabilità normativa CEM	Risoluzione CEM

			Allegata			
R.A	Fabbricato	Contrada Trullo SP87 km 0+065	1	Si	Si	Interramento a profondità maggiore

Per l'abitazione, considerato luogo con permanenza superiore alle 4 ore, al fine di risolvere l'interferenza i cavi saranno interrati, in corrispondenza del fabbricato, ad una profondità maggiore.

7 CONCLUSIONI

A seguito delle valutazioni preventive eseguite riportate nei paragrafi precedenti, si possono trarre le seguenti considerazioni:

- lungo il percorso del nuovo cavidotto AAT interrato in nessun caso gli immobili si trovano all'interno delle fasce di rispetto DPA calcolate (5,8 m).

Alla luce di quanto esposto si ritiene che il progetto, sia per l'ubicazione territoriale, sia per le sue caratteristiche costruttive, rispetterà i limiti imposti dalla L. 36/2001 e del DPCM 8 luglio 2003 in tema di protezione della popolazione dagli effetti dei campi elettromagnetici, magnetici ed elettrici garantendo la salvaguardia della salute umana.

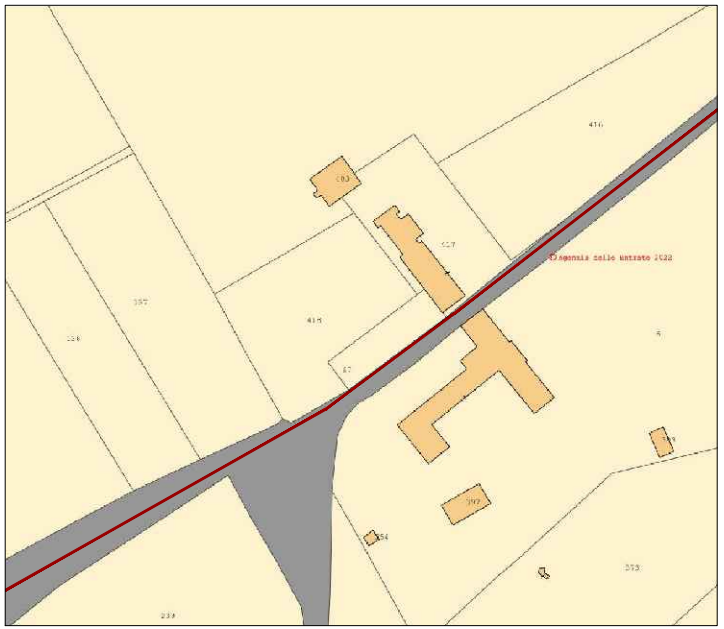
8 Allegati

Allegato 1 – Interferenza su Recettore R.A

ALLEGATO 1
Recettore A
SP 87 KM 0+065

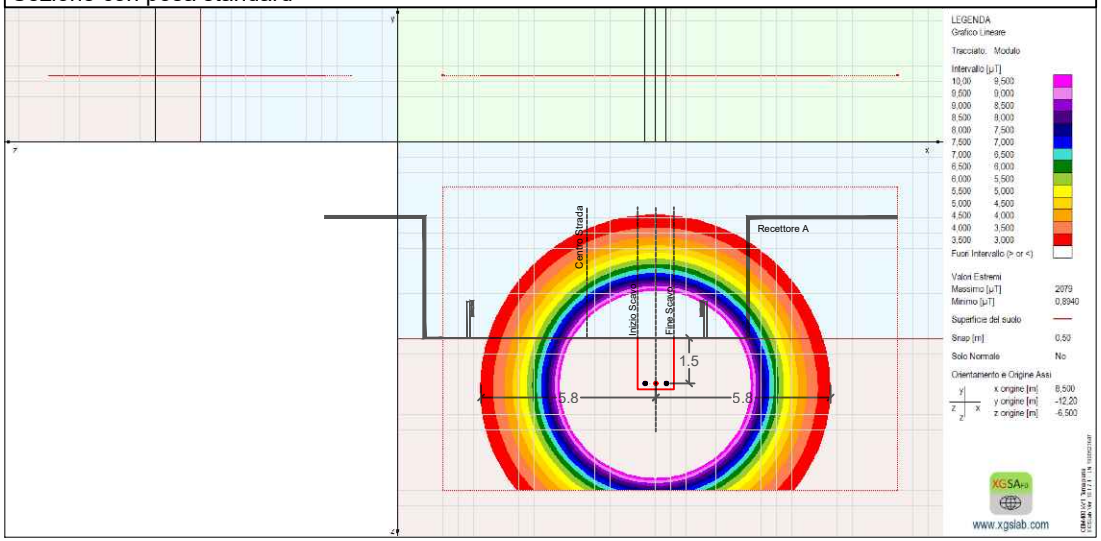
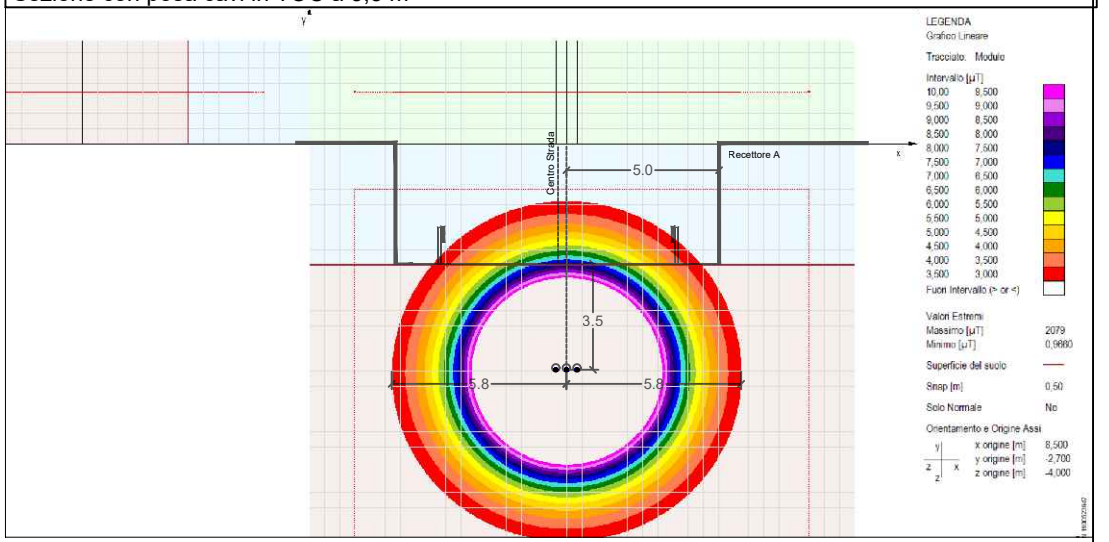
Foto

Ortofoto



Mappa Catastale - Brindisi Fg 169

Sezione con posa standard



Sezione con posa cavi in TOC a 3,5 m