

OPERE DI RETE PROPEDEUTICHE AL COLLEGAMENTO ALLA RTN DI UN IMPIANTO DI GENERAZIONE DA FONTE EOLICA DA 78 MW

Intervento 4 – Elettrodotto in cavo interrato a 150 kv “SSE Nuoro – CP Nuoro”

Piano Tecnico delle Opere – Relazione Tecnica CEM

Provincia di Nuoro – Comune di Nuoro

Marzo 2022

REF.: G807_DEF_R_011_Intervento 4_Relazione tecnica CEM_1-1_REV00



GEOTECH S.r.l.

Via T. Nani, 7
Morbegno (SO)

+39 0342 610774
info@geotech-srl.it

 edp renewables	<p style="text-align: center;">OPERE DI RETE PROPEDEUTICHE AL COLLEGAMENTO ALLA RTN DI UN IMPIANTO DI GENERAZIONE DA FONTE EOLICA DA 78 MW</p> <p style="text-align: center;">Intervento 4</p> <p style="text-align: center;">Piano Tecnico delle Opere – Relazione tecnica CEM</p>	<p style="text-align: right;">Marzo 2022</p>
--	---	--

INDICE

1. SCOPO DELLA RELAZIONE	3
2. CONTESTO E SCOPO DELL'INTERVENTO	4
3. DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO.....	6
4. CARATTERISTICHE ELETTRICHE E TIPOLOGICHE DI INSTALLAZIONE	7
4.1. Tratto in trincea su terreno naturale o su strada asfaltata	8
4.2. Tratto in tubiera su strade asfaltate	9
4.3. Posa in manufatto per attraversamento corso d'acqua.....	10
4.4. Buca Giunti.....	11
5. CONFORMITA' OPERE IN MATERIA DI CAMPO MAGNETICO	12
5.1. Campo magnetico elettrodotto interrato	12
5.2. Risultati di calcolo campo magnetico	12
6. CONFORMITA' OPERE IN MATERIA DI CAMPO ELETTRICO	16
7. CONSIDERAZIONI FINALI.....	17

 edp renewables	<p style="text-align: center;">OPERE DI RETE PROPEDEUTICHE AL COLLEGAMENTO ALLA RTN DI UN IMPIANTO DI GENERAZIONE DA FONTE EOLICA DA 78 MW</p> <p style="text-align: center;">Intervento 4</p> <p style="text-align: center;">Piano Tecnico delle Opere – Relazione tecnica CEM</p>	<p style="text-align: center;">Marzo 2022</p>
--	---	---

1. SCOPO DELLA RELAZIONE

Nella presente relazione vengono fatte considerazioni e calcoli per determinare l'entità dell'induzione magnetica che il cavo AT in progetto genererà lungo il suo tracciato in funzione delle diverse sezioni di posa; vengono fatte considerazioni sulle ipotesi di partenza dei calcoli, vengono riportati e commentati i risultati finali dei calcoli per l'intervento di connessione alla RTN della nuova SSE Nuoro.

Il presente lavoro, redatto dalla Società di Ingegneria GEOTECH S.r.l., con sede in via Nani, 7 a Morbegno (SO) costituisce la Relazione tecnica illustrativa al Piano Tecnico delle Opere dell'Intervento 4 delle opere di rete necessarie al collegamento alla Rete di Trasmissione Nazionale (RTN) di un impianto di generazione da fonte rinnovabile (eolica) avente potenza pari a 78 MW da realizzarsi in Sardegna da parte della società EDP RENEWABLES ITALIA HOLDING SRL (EDP). Il Parco Eolico sarà ubicato in Comune di Nuoro, nell'omonima provincia, in località "Su Cuccuru" mentre le opere di connessione di rete propedeutiche al suo collegamento alla RTN attraverseranno cinque comuni della Provincia di Nuoro: Bolotana, Nuoro, Oniferi, Orani e Ottana.

Oggetto della presente relazione tecnica illustrativa è la descrizione degli aspetti tecnici specifici dell'intervento 4 denominato "**Elettrodotto in cavo interrato a 150 kV "SSE Nuoro – CP Nuoro"**", ubicato nel Comuni di Nuoro in Provincia di Nuoro in Regione Sardegna e facente parte del più ampio progetto "**Opere di rete propedeutiche al collegamento alla RTN di un impianto di generazione da fonte eolica da 78 MW"**".

	<p style="text-align: center;">OPERE DI RETE PROPEDEUTICHE AL COLLEGAMENTO ALLA RTN DI UN IMPIANTO DI GENERAZIONE DA FONTE EOLICA DA 78 MW</p> <p style="text-align: center;">Intervento 4</p> <p style="text-align: center;">Piano Tecnico delle Opere – Relazione tecnica CEM</p>	<p style="text-align: center;">Marzo 2022</p>
--	---	---

2. CONTESTO E SCOPO DELL'INTERVENTO

L'esposizione della popolazione ai campi elettrici e magnetici è stata oggetto negli ultimi anni di numerosi provvedimenti legislativi.

La situazione normativa a livello Nazionale è formata dai seguenti provvedimenti legislativi:

- ✓ Legge 22/02/2001, n°36 "Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici";
- ✓ D.P.C.M. 08/07/2003 "Fissazione dei limiti di esposizione, del valore di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti".
- ✓ Decreto Ministeriale 29/05/2008 "Approvazione delle metodologie di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto";
- ✓ Decreto Ministeriale 29/05/2008 "Approvazione delle procedure di misura e valutazione dell'induzione magnetica".

La Legge Quadro sulla "protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici" ha per oggetto gli impianti, i sistemi e le apparecchiature per usi civili, militari e delle forze di polizia, che possono comportare l'esposizione della popolazione o dei lavoratori a campi elettrici, magnetici o elettromagnetici con frequenze comprese tra 0 Hz e 300 GHz. Il caso in esame riguarda un elettrodotto a frequenza di 50 Hz.

E' compito dello Stato fissare il limite di esposizione (valore del campo elettrico, magnetico ed elettromagnetico che non deve essere superato in alcuna condizione di esposizione), il valore di attenzione (valore del campo elettrico, magnetico ed elettromagnetico che non deve essere superato in siti sensibili quali ambienti abitativi, scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze di persone non inferiori alle quattro ore giornaliere) e gli obiettivi di qualità (valori fissati ai fini della progressiva minimizzazione dell'esposizione ai campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici nel caso di realizzazione di nuovi impianti in prossimità di siti sensibili di cui sopra).

Come previsto dalla legge Quadro i livelli di esposizione, i valori di attenzione e gli obiettivi di qualità e di cautela, sono stati fissati dal successivo Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri del 08 Luglio 2003.

Nella tabella seguente vengono riportati tali limiti.

	CAMPO ELETTRICO	CAMPO MAGNETICO
limite d'esposizione	5 kV/m	100 µT
valore di attenzione	5 kV/m	10 µT
obiettivo di qualità	5 kV/m	3 µT

	<p style="text-align: center;">OPERE DI RETE PROPEDEUTICHE AL COLLEGAMENTO ALLA RTN DI UN IMPIANTO DI GENERAZIONE DA FONTE EOLICA DA 78 MW</p> <p style="text-align: center;">Intervento 4</p> <p style="text-align: center;">Piano Tecnico delle Opere – Relazione tecnica CEM</p>	<p style="text-align: center;">Marzo 2022</p>
--	---	---

In particolare, si farà riferimento agli obiettivi di qualità; considerati fundamentalmente per misure eseguite in corrispondenza di asili, scuole, aree verdi attrezzate, ospedali e aree urbane, nonché locali adibiti a permanenza di persone non inferiore alle 4 ore giornaliere (DD.PP.CC.MM. del 8 luglio 2003 ELF e RF).

A completamento del quadro normativo, sono stati emanati dal Ministero dell’Ambiente e della Tutela del territorio e del mare il DD MM 29 maggio 2008 “Approvazione delle metodologie di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti” ed il DD MM 29 maggio 2008 “Approvazione delle procedure di misura e valutazione dell’induzione magnetica”.

Le norme prevedono che le fasce di rispetto per le linee AT in cavo sotterraneo vengano calcolate con le massime portate in corrente come definite dalla norma CEI 11-17; mentre per le linee in aereo, si farà riferimento alla norma CEI 11-60.

Il DM 29/05/2008 prevede la possibilità di eseguire il calcolo delle fasce di rispetto degli elettrodotti in due differenti modi:

- ✓ metodo esatto tramite l’utilizzo di software tridimensionali che tengano conto della geometria degli elettrodotti e dell’andamento nello spazio dei conduttori;
- ✓ metodo approssimato per l’individuazione della Distanza di Prima Approssimazione (DPA) tramite un calcolo semplificato che proietta a terra una fascia; se un sito sensibile risulta esterno a tale fascia è sicuramente esposto a campi di intensità inferiore all’obiettivo di qualità di 3 μ T a prescindere dalla sua quota e/o altezza da terra.

	<p style="text-align: center;">OPERE DI RETE PROPEDEUTICHE AL COLLEGAMENTO ALLA RTN DI UN IMPIANTO DI GENERAZIONE DA FONTE EOLICA DA 78 MW</p> <p style="text-align: center;">Intervento 4</p> <p style="text-align: center;">Piano Tecnico delle Opere – Relazione tecnica CEM</p>	<p style="text-align: center;">Marzo 2022</p>
--	---	---

3. DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

L'opera oggetto della presente relazione tecnica consiste nella realizzazione di un elettrodotto in cavo interrato a 150 kV di collegamento tra la futura Stazione Elettrica di smistamento di Nuoro e l'esistente Cabina Primaria di Nuoro.

L'elettrodotto in cavo interrato sarà realizzato con la sezione di posa prevista in trincea ad eccezione di attraversamenti particolari dove saranno adottate delle tipologie di posa particolari per la risoluzione dell'interferenza. Agli estremi del collegamento, saranno realizzati i terminali aerei dei cavi che permetteranno il collegamento al sistema elettrico della Stazione Elettrica di Nuoro e della Cabina Primaria di Nuoro.

Per meglio comprendere la presente descrizione, si fa specifico riferimento all'elaborato "Intervento 4_Corografia di progetto-ortofotocarta" (cod. G807_DEF_T_004_Intervento 4_Corografia di progetto-ortofotocarta_1-1_REV00) in scala 1:5.000 dove sono riportate anche le progressive chilometriche del tracciato.

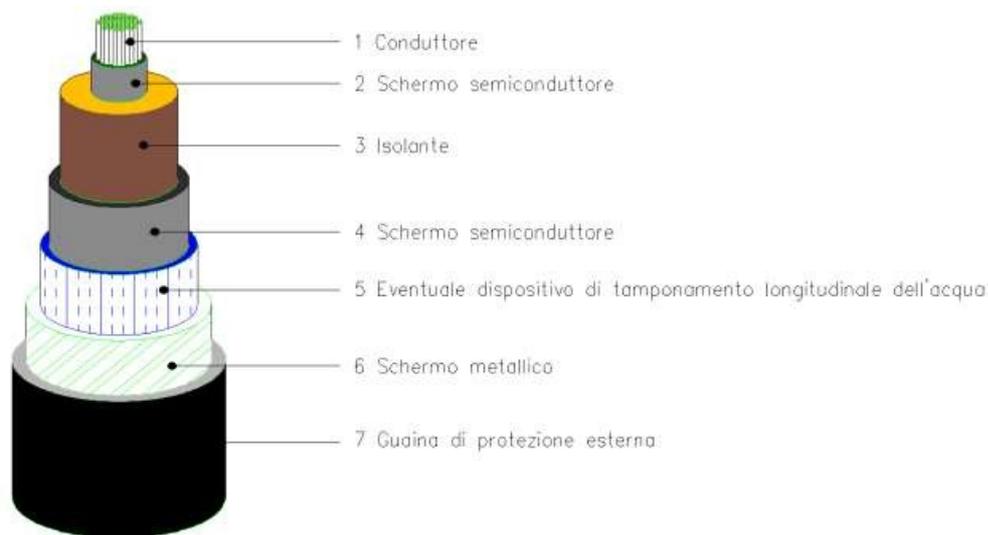
Di seguito si riporta la descrizione del tracciato, con un andamento in senso linea, dalla Stazione Elettrica di Nuoro verso la Cabina Primaria di Nuoro, con la progressiva (pk) 0 che identifica l'inizio dell'intervento e la progressiva 4+693 che ne identifica la fine.

Tutto il tracciato è ubicato nel Comune di Nuoro per uno sviluppo totale di 4,69 km. Esso parte nell'Area industriale Prato Sardo ove si prevede l'ubicazione della futura S.E. di Nuoro (pk 0+000). Uscendo dall'area di stazione, alla pk 0+150 inizia il suo percorso su Via Antonio Cambosu prima in direzione da Ovest verso Est poi da Nord verso Sud, seguendo l'andamento stradale, fino all'incrocio con Via Livio Mauri (pk 1+050). Da tale punto il tracciato segue, per un tratto di circa 300 m via Livio Mauri per poi innestarsi su via Morandi. . Entrato in Via Morandi (pk 1+350), il tracciato del cavo, deviando nuovamente verso Est, ne corre parallelamente l'asse stradale fino alla rotonda di incrocio con la S.S. 389 "di Buddusò e del Correboi" (pk 2+550). Qui il tracciato del cavo prosegue sulla Strada Statale la percorre seguendone il tracciato fino alla rotonda che incrocia con Via Enrico Devoto dove, alla pk (3+250), procede sulla SS389 fino ad arrivare all'incirca all'altezza del cartello stradale che indica l'inizio del centro abitato di Nuoro (pk 4+500) (km della S.S. 389: pk stradale 98 + 215). Fino a tale punto il sedime del cavo è progettato per mantenersi al limite della carreggiata sul lato esterno all'abitato di Nuoro, lato sinistro seguendo la chilometrica della strada statale- In tale punto il tracciato attraversa la strada per portarsi sul lato opposto e tramite un tratto a forte pendenza sale sino alla quota del piazzale antistante la CP (via Giorgio la Pira) . Il cavo sarà ubicato nell'area attualmente a verde tra la recinzione della CP e la via; il tracciato termina con la risalita sul sostegno di transizione aereo cavo posto nei pressi dell'attuale sostegno 16 della linea CP Nuoro – CP Nuoro 2) (pk 4+693). Qui si L'elettrodotto si atterrerà al portale esistente, posto all'interno della CP di Nuoro, con una campata area lunga circa 20m.



4. CARATTERISTICHE ELETTRICHE E TIPOLOGICHE DI INSTALLAZIONE

L'elettrodotto sarà costituito da una terna di cavi unipolari, con isolamento in XLPE, costituiti da un conduttore in rame dal diametro pari a 1200 mm², ricoperto da uno strato semiconduttivo interno estruso, dall'isolamento XLPE, dallo strato semiconduttivo esterno, da nastri semiconduttivi igroespandenti. Lo schema metallico è costituito da un tubo metallico di piombo o alluminio o a fili di rame ricotto non stagnati, di sezione complessiva adeguata ad assicurare la protezione meccanica del cavo, la tenuta ermetica radiale, a sopportare la corrente di guasto a terra. Sopra lo schermo viene applicata la guaina protettiva di polietilene nera e grafitata avente funzione di protezione anticorrosiva, ed infine la protezione esterna meccanica.



Per ciascun collegamento in cavo sono previsti i seguenti componenti:

- ✓ conduttori di energia;
- ✓ giunti dritti (uno ogni 600-850 m) con relative cassette di sezionamento e di messa a terra (il cui numero dipenderà dall'effettiva lunghezza delle pezzature di cavo);
- ✓ terminali per esterno isolati in SF6;

Lungo il tracciato della linea in cavi sotterranei si possono trovare diverse tipologie di posa che vengono illustrate di seguito.



4.1. TRATTO IN TRINCEA SU TERRENO NATURALE O SU STRADA ASFALTATA

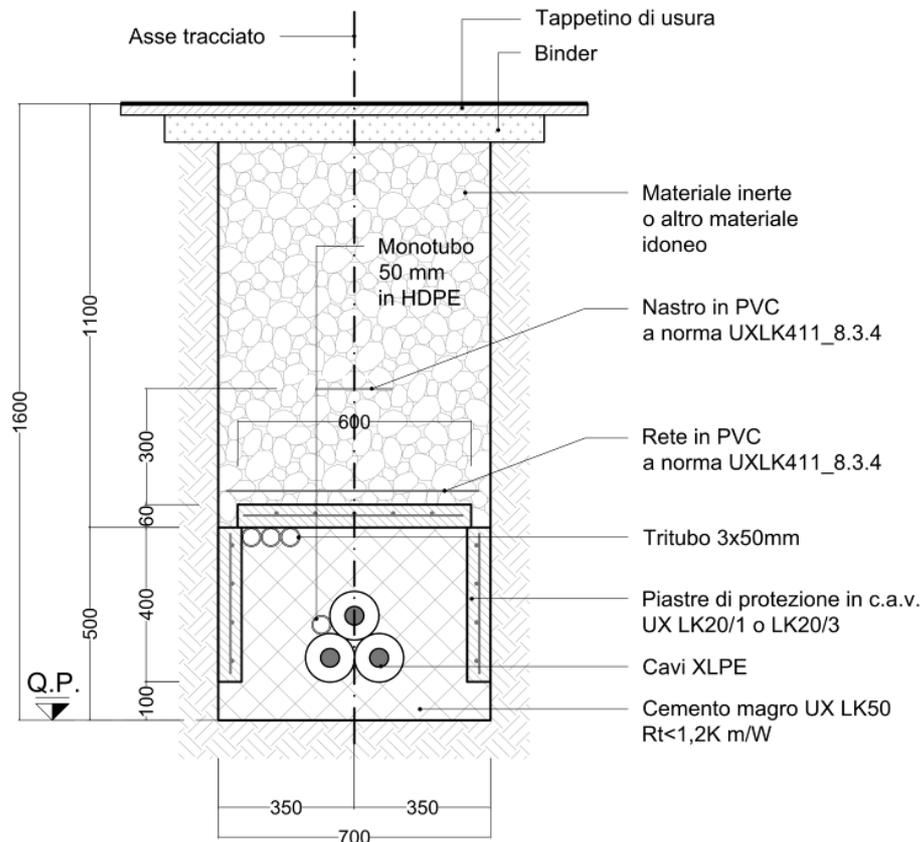
Tale tipologia di posa viene realizzata con scavo di larghezza 70 cm e della profondità standard minima di 1,60 m (tale valore può aumentare in base alle condizioni puntuali estrinseche del tracciato), con letto di posa di cemento magro a resistività termica controllata.

La terna di cavi unipolari sarà posata con disposizione a trifoglio, su letto di cemento magro di circa 100mm di spessore e ricoperta per un ulteriore spessore di circa 400 mm. Infine i cavi saranno protetti da adeguate piastre di protezione in c.a.v.

La trincea sarà quindi colmata con materiale inerte di controllate caratteristiche.

A fianco dei cavi unipolari sarà previsto un tritubo in polietilene per l'installazione del cavo in fibra ottica e di un cavo isolato di collegamento delle messe a terra.

La finitura superficiale resterà pertanto quella pre-esistente, con stesa di terreno vegetale al fine di ripristinare la funzione agricola del terreno scavato; oppure con il ripristino del manto stradale.





4.2. TRATTO IN TUBIERA SU STRADE ASFALTATE

Tale tipologia di posa viene realizzata con scavo di larghezza 70 cm e della profondità standard minima di 1,60 m (tale valore può aumentare in base alle condizioni puntuali estrinseche del tracciato), con letto di posa di cemento magro a resistività termica controllata.

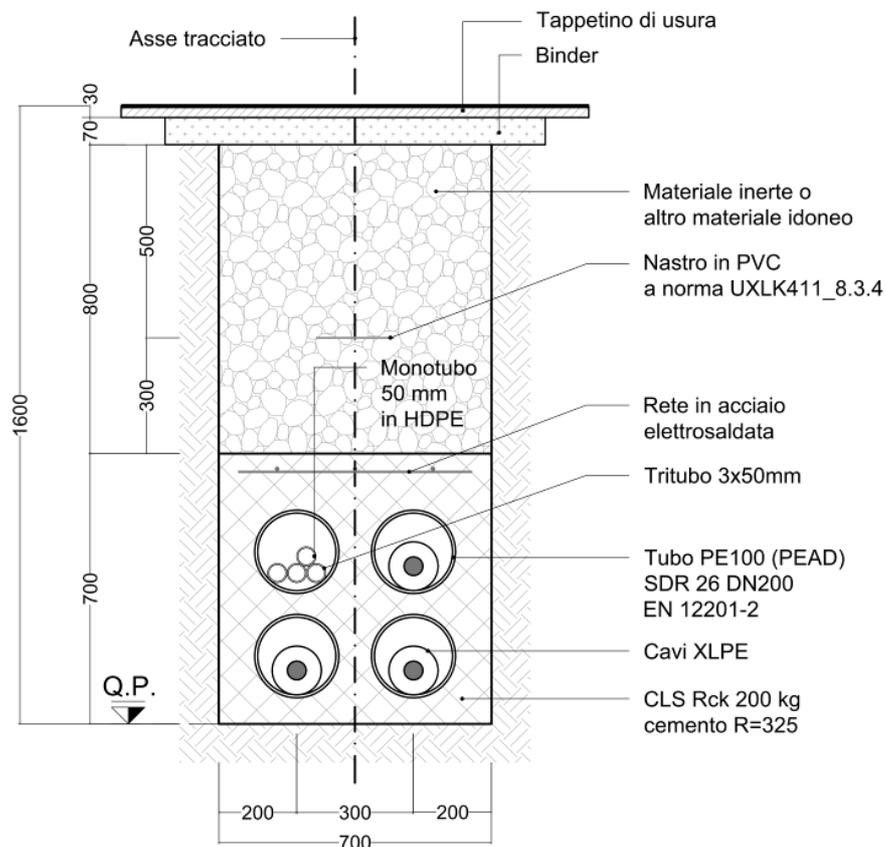
La posa in trincea su strada asfaltata verrà effettuata mediante traino del conduttore all'interno dei passacavi corrugati D220 mm.

A fianco delle tubazioni per la posa dei cavi unipolari sarà prevista una quarta tubazione delle medesime dimensioni per poter ospitare un tritubo in polietilene per l'installazione del cavo in fibra ottica e di un cavo isolato di collegamento delle messe a terra.

Una volta posate le tubiere, verrà steso intorno ad esse uno strato di intasamento pari a circa 70 cm per tutta la larghezza dello scavo realizzato, con annegato in un foglio di rete in acciaio elettrosaldato. Al di sopra, al fine di ritombare lo scavo, verrà steso del materiale inerte adeguato, con annegato ad una profondità di circa 60 cm il nastro segnalatore in PVC di colore rosso.

I nuovi cavi verranno posizionati in tubiera, come illustrato nelle tavole a progetto.

Al di sopra del ritombamento, si provvederà a ripristinare la pavimentazione in conglomerato bituminoso esistente.



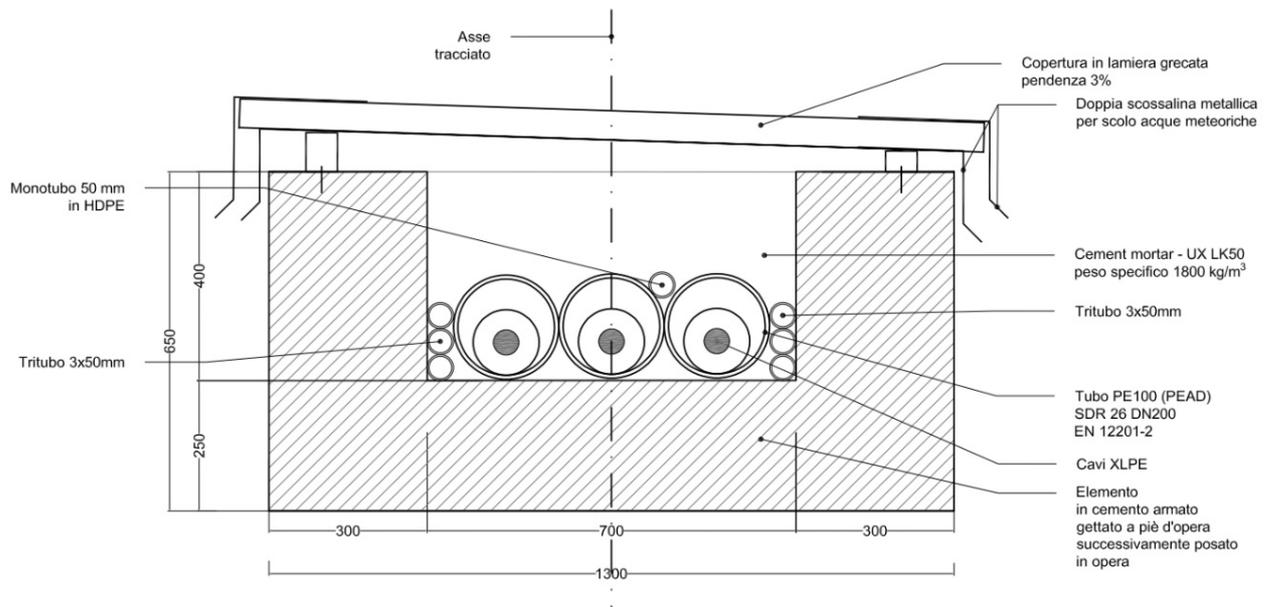


4.3. POSA IN MANUFATTO PER ATTRAVERSAMENTO CORSO D'ACQUA

La posa verrà effettuata mediante una struttura in cemento armato gettato a piè d'opera e posato successivamente su due plinti di fondazione. La struttura presenta una forma a U, all'interno del quale vengono posati i tubi per poi effettuare il riempimento con cement mortar.

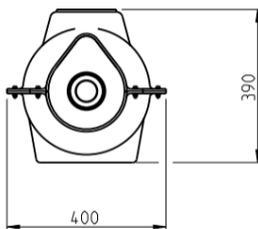
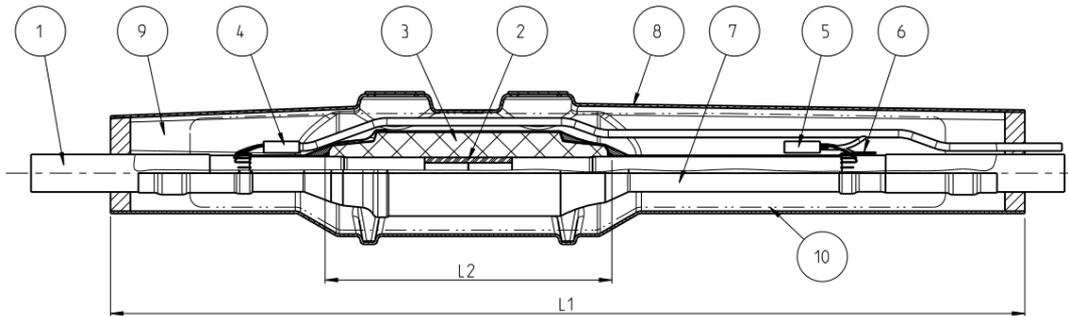
A fianco delle tubazioni per la posa dei cavi unipolari saranno previsti due tritubi in polietilene per l'installazione del cavo in fibra ottica. Per quanto riguarda il sistema di monitoraggio, è prevista l'installazione di un monotubo di $\varnothing 50$ mm.

Al di sopra della trave viene installata una copertura in lamiera grecata provvista di apposite scossaline per lo scolo dell'acqua piovana.

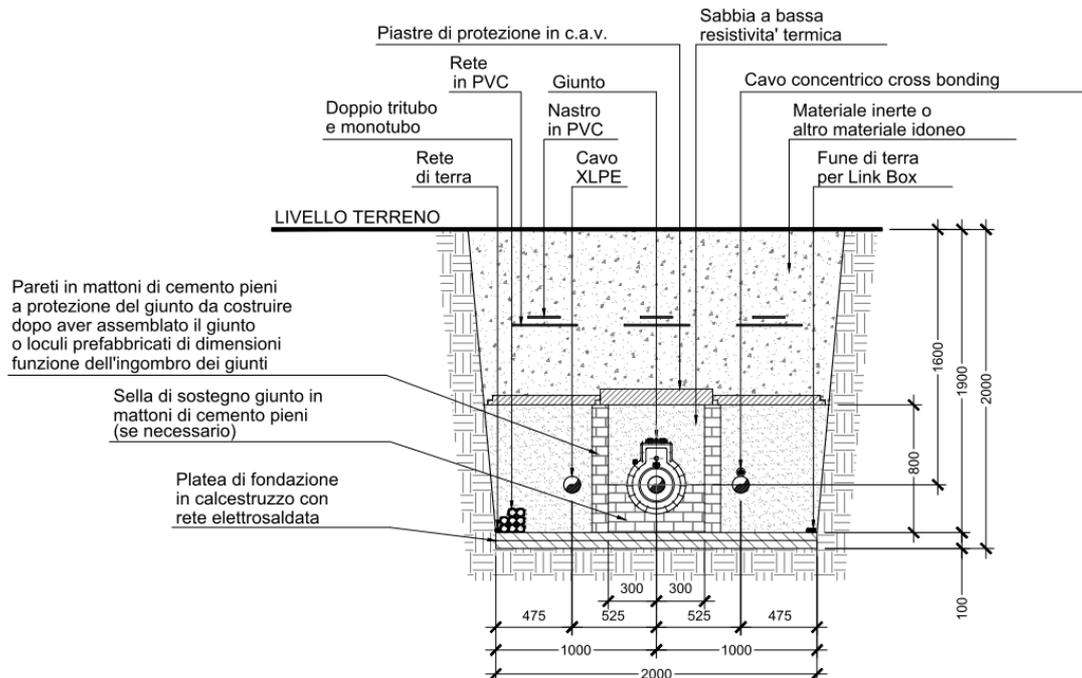


4.4. BUCA GIUNTI

La posa è prevista in piano spaziato ed interasse cavi di 60cm, con profondità di posa di circa 160cm;



Pos	Benennung	naming
1	Hochspannungskabel	high voltage cable
2	Leiterverbindung	conductor connection
3	Muffenkoerper	joint body
4	Schirmanbindung	screen connection
5	Schirmanbindung	screen connection
6	Dichtklammer	sealing clamp
7	Schrumpfschlauch	heat shrink tube
8	ABS-Gehaeuse	ABS-housing
9	Isolierstoff - Fuellung	insulating compound
10	Wasserdichter Bereich	water protected area



 edp renewables	<p style="text-align: center;">OPERE DI RETE PROPEDEUTICHE AL COLLEGAMENTO ALLA RTN DI UN IMPIANTO DI GENERAZIONE DA FONTE EOLICA DA 78 MW</p> <p style="text-align: center;">Intervento 4</p> <p style="text-align: center;">Piano Tecnico delle Opere – Relazione tecnica CEM</p>	<p style="text-align: center;">Marzo 2022</p>
--	---	---

5. CONFORMITA' OPERE IN MATERIA DI CAMPO MAGNETICO

5.1. CAMPO MAGNETICO ELETTRODOTTO INTERRATO

Nella presente relazione vengono eseguiti i calcoli di induzione magnetica con la corrente massima di progetto standard di **1.200 Ampère** che corrisponde, previo arrotondamento, alla massima portata del **cavo 150 kV di sezione 1.200 mm² in rame** in relazione a condizioni standard del tracciato in progetto, come definita dalla norma CEI 11-17 e determinata in base alla normativa internazionale IEC 60287.

In fase esecutiva tale valore di portata massima dovrà essere determinato con precisione.

Il cavo avrà un diametro pari a 98 mm crica.

Per le linee in cavo sotterraneo si può affermare che le due metodologie di calcolo previste dal DM 29/05/2008, calcolo esatto e DPA, coincidono a meno delle modeste differenze che si possono verificare quando il tracciato della linea cambia direzione. In questo caso si ha un aumento della larghezza della semi-fascia interna alla curva ed una diminuzione di quella della semi-fascia esterna.

5.2. RISULTATI DI CALCOLO CAMPO MAGNETICO

Per il calcolo, è stato utilizzato il software EMF Tools sviluppato per TERNA da CESI in aderenza alle Norme CEI 106-11 e 211-4.

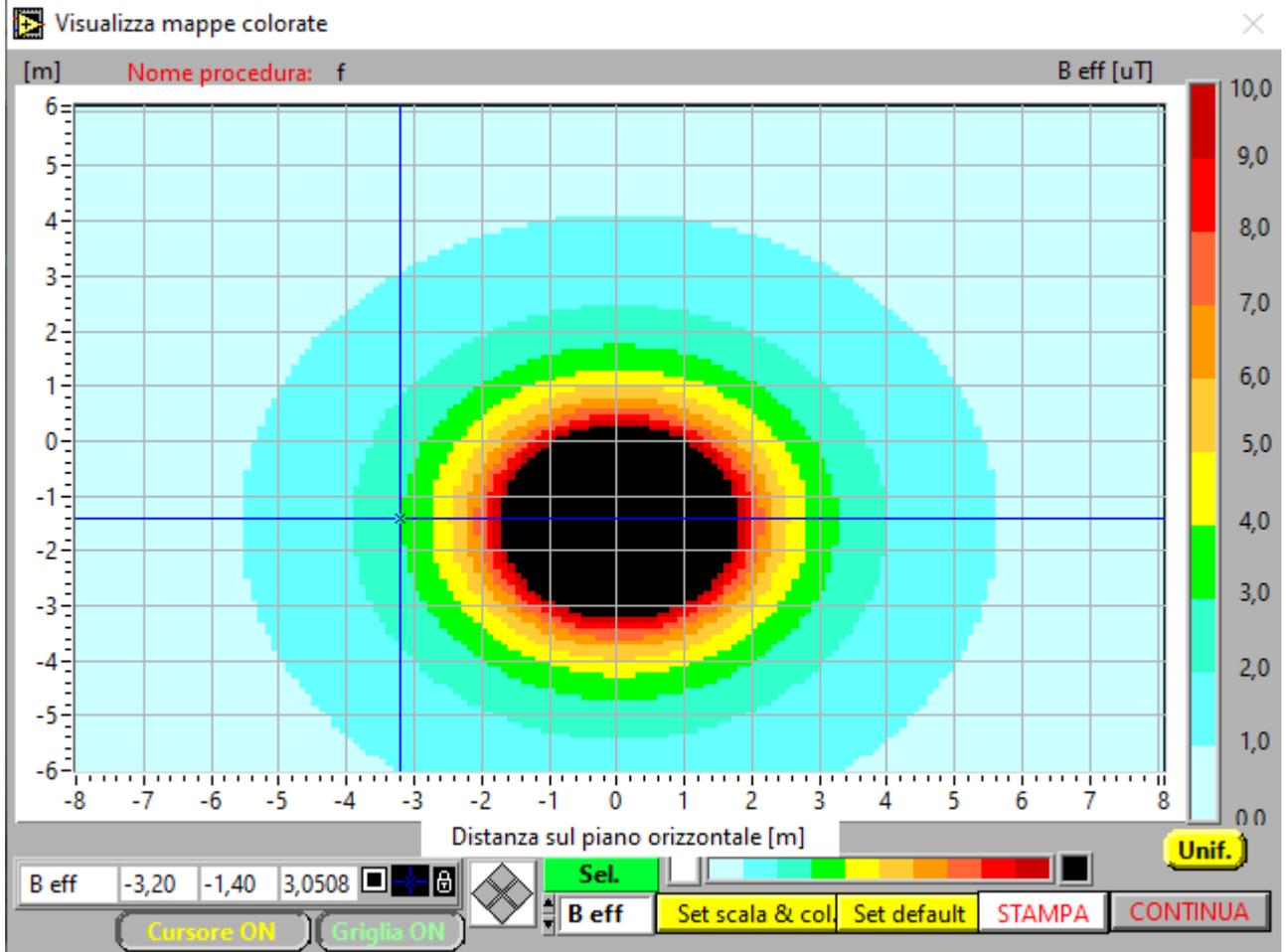
Tali fasce vengono poi riportate negli elaborati "G807_DEF_T_012_Intervento 4_Corografia di progetto con Distanza di Prima Approssimazione_1-1_REV00" e "G807_DEF_T_013_Intervento 4_Planimetria catastale con Distanza di Prima Approssimazione_X-3_REV00"

Al fine di semplificare la gestione territoriale e il calcolo delle fasce di rispetto, il Decreto 29 Maggio 2008 prevede che il gestore debba calcolare la Distanza di Prima Approssimazione (DPA), definita come "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 di DPA si trovi all'esterno delle fasce di rispetto".

Nelle figure che seguono, si riportano le DPA per ogni tipologia di posa descritta al capitolo precedente. Si evidenzia che al completamento della realizzazione dell'opera si procederà alla ridefinizione delle aree di prima approssimazione in accordo al come costruito, in conformità col par. 5.1.3 dell'allegato al Decreto 29 Maggio 2008.

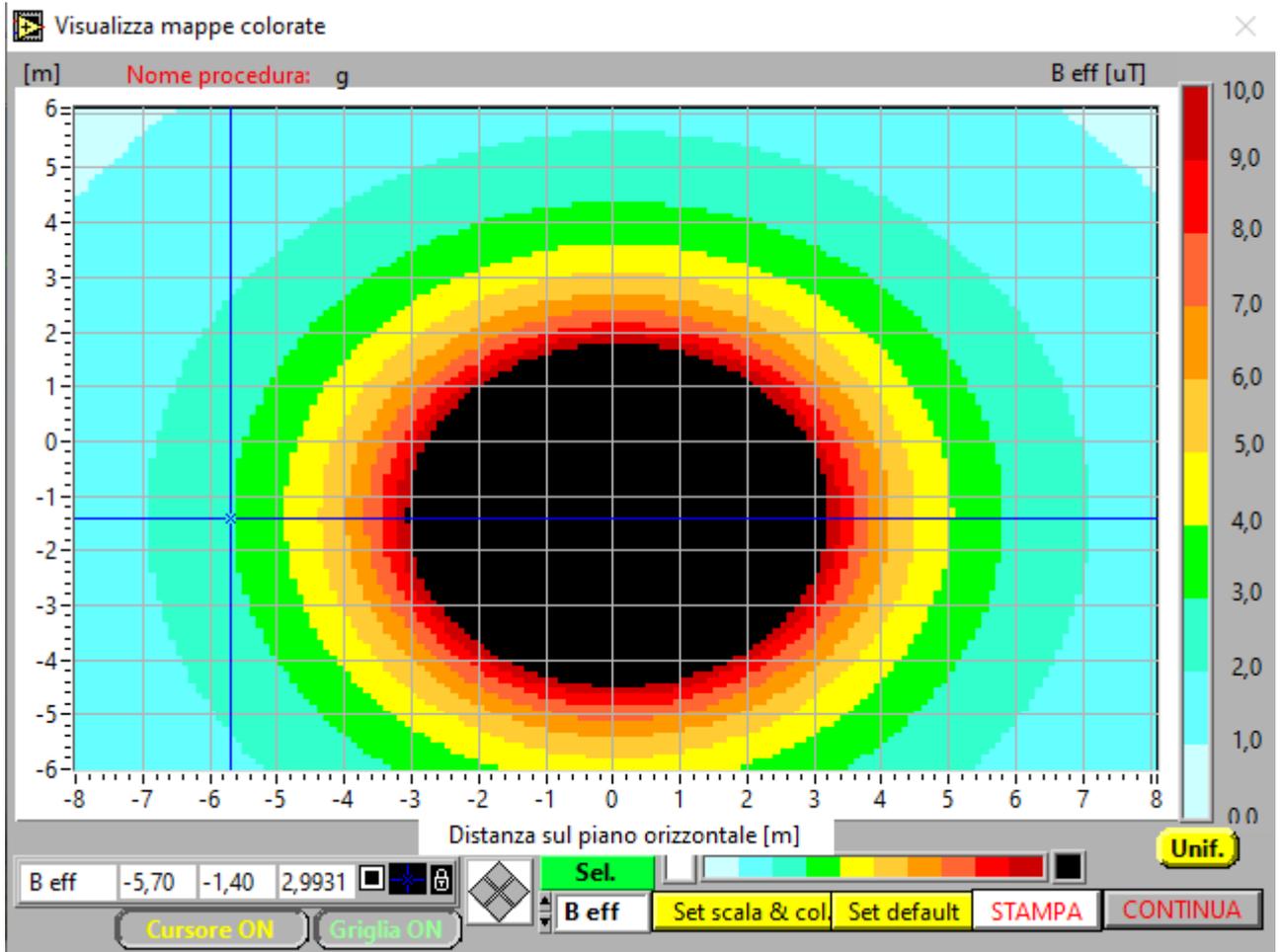


- Calcolo ampiezza fascia CEM – posa a trifoglio:
ampiezza fascia per rispetto $3 \mu T = 3.20 + 3.20 = 6,40$ metri



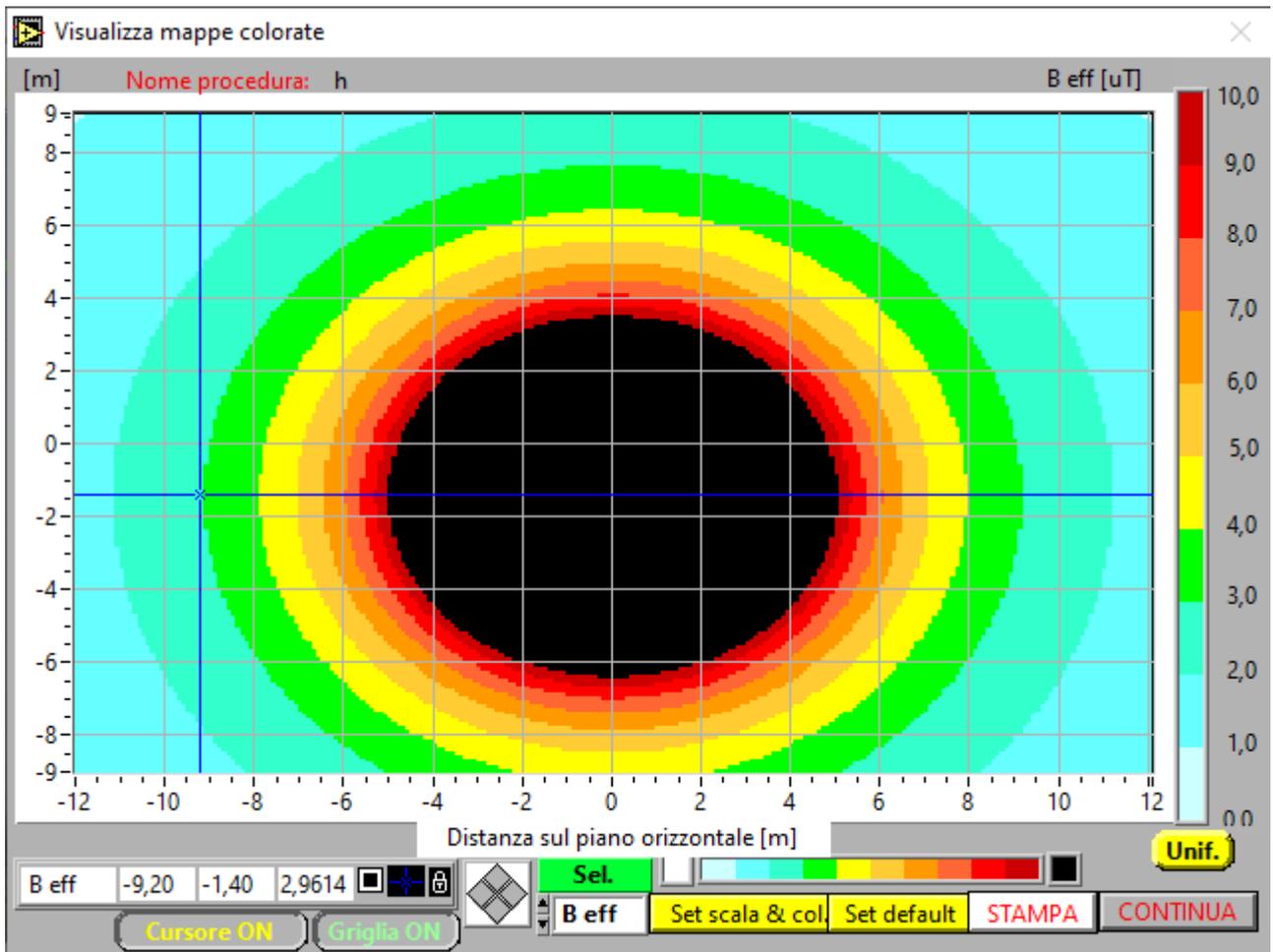


- Calcolo ampiezza fascia CEM – posa in tubiera:
ampiezza fascia per rispetto $3 \mu T = 5.70 + 5.70 = 11,40$ metri





- Calcolo ampiezza fascia CEM – posa Buca Giunti e manufatto attraversamento corsi d’acqua:
ampiezza fascia per rispetto $3 \mu T = 9.20 + 9.20 = 18,40$ metri



 edp renewables	<p style="text-align: center;">OPERE DI RETE PROPEDEUTICHE AL COLLEGAMENTO ALLA RTN DI UN IMPIANTO DI GENERAZIONE DA FONTE EOLICA DA 78 MW</p> <p style="text-align: center;">Intervento 4</p> <p style="text-align: center;">Piano Tecnico delle Opere – Relazione tecnica CEM</p>	<p style="text-align: center;">Marzo 2022</p>
--	---	---

6. CONFORMITA' OPERE IN MATERIA DI CAMPO ELETTRICO

I cavi AT sono isolati e sono dotati di schermo collegato a terra di conseguenza non generano campi elettrici nell'ambiente circostante e pertanto l'attenzione verrà rivolta esclusivamente al campo magnetico.

 edp renewables	<p style="text-align: center;">OPERE DI RETE PROPEDEUTICHE AL COLLEGAMENTO ALLA RTN DI UN IMPIANTO DI GENERAZIONE DA FONTE EOLICA DA 78 MW</p> <p style="text-align: center;">Intervento 4</p> <p style="text-align: center;">Piano Tecnico delle Opere – Relazione tecnica CEM</p>	<p style="text-align: center;">Marzo 2022</p>
--	---	---

7. CONSIDERAZIONI FINALI

Dall’esame della planimetria di progetto e dalle carte catastali risulta che il tracciato del cavo si sviluppa prevalentemente su strade comunali, provinciali o statali o comunque ubicate in zone industriali e lontane dal centro abitato. Solo in piccola parte, il cavo sussiste su aree a verde.

Alla luce delle analisi effettuate, non sono state riscontrate casistiche in cui non si poteva ritenere garantito il limite massimo di esposizione.

Non si ritengono pertanto necessarie soluzioni operative per la schermatura del cavo, quali ad esempio la realizzazione di una canaletta in lamiera schermante.

Il limite massimo di esposizione di $3\mu\text{T}$, come si può notare dai diagrammi, non viene pertanto mai raggiunto e superato in prossimità di recettori sensibili lungo il tracciato.

Il metodo di calcolo adottato e le scelte cautelative operate sono conformi alle indicazioni del Decreto Ministeriale 29/05/2008 “Approvazione delle metodologie di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto”

In conclusione, l'analisi effettuata ha permesso di evidenziare il pieno rispetto dell’obiettivo di qualità dettato dal DPCM del 8 luglio 2003.

È stato inoltre dimostrato il rispetto del limite di esposizione per il campo elettrico, così come fissato nel DPCM del 8 luglio 2003.