

Appendice G

Valutazione Impatti Opere di Connessione

Doc. No. P0030780-1-H12 Rev. 1 - Luglio 2023



INDICE

	Pag.
1 PREMESSA	4
1.1 STIMA DEGLI IMPATTI CONDOTTA NELLO SIA – OPERE DI CONNESSIONE ALLA RTN	4
1.1.1 INTERAZIONI DELLE OPERE CON LE COMPONENTI AMBIENTALI	4
1.1.1.1 POPOLAZIONE E SALUTE UMANA	4
1.1.1.1.1 Valutazione degli Impatti e Identificazione delle Misure di Mitigazione	4
Impatti in fase di cantiere	4
Impatti in fase di esercizio	5
1.1.1.2 BIODIVERSITÀ	5
1.1.1.2.1 Valutazione degli Impatti e Identificazione delle Misure di Mitigazione	5
1.1.1.3 SUOLO, USO DEL SUOLO	7
1.1.1.3.1 Valutazione degli Impatti e Identificazione delle Misure di Mitigazione	7
Impatti in fase di cantiere	7
Impatti in fase di esercizio	8
1.1.1.4 GEOLOGIA E ACQUE	8
1.1.1.4.1 Valutazione degli Impatti e Identificazione delle Misure di Mitigazione	8
Impatti in fase di cantiere	8
Impatti in fase di esercizio	9
1.1.1.5 Atmosfera aria e clima	9
1.1.1.5.1 Valutazione degli Impatti e Identificazione delle Misure di Mitigazione	9
Impatti in fase di cantiere	9
Impatti in fase di esercizio/fase di dismissione	17
Quadro sintetico degli impatti	17
1.1.1.6 Sistema paesaggio: paesaggio, patrimonio culturale e beni materiali	17
1.1.1.6.1 Valutazione degli Impatti e Identificazione delle Misure di Mitigazione	17
Impatti in fase di cantiere	17
Impatti in fase di esercizio	19
Sensibilità paesaggistica del sito	20
Incidenza del progetto - Elettrodotti aerei	22
Incidenza del progetto – Elettrodotto interrato	23
Incidenza del progetto – Cavo sublacuale	23
Incidenza del progetto – Stazioni elettriche	24
Impatti sul paesaggio delle trasformazioni proposte	25
Valutazione dell’impatto paesaggistico del progetto	26
1.1.1.7 RUMORE	27
1.1.1.7.1 Valutazione degli Impatti e Identificazione delle Misure di Mitigazione	27
Impatti in fase di cantiere	27
Impatti in fase di esercizio	36
1.1.1.8 Vibrazioni	39
1.1.1.9 RADIAZIONI IONIZZANTI E NON IONIZZANTI	42
1.1.1.9.1 Valutazione degli Impatti e Identificazione delle Misure di Mitigazione	42
Introduzione	42
Normativa di riferimento	43
Valutazione campo magnetico – Elettrodotti aerei	43
Metodo di calcolo utilizzato	43
Metodologia di verifica	46
Distanza di prima approssimazione (DPA)	48
Calcolo della DPA elettrodotti aerei 380 kV “SE Sanluri – SE Nurri 2” Nord e Sud	48
Calcolo della DPA raccordi in entra-esce 380 kV alla nuova “SE Sanluri” dell’elettrodotto 380 Kv “Ittiri-Selargius”	57
Valutazione campo magnetico – Elettrodotto 380 kV di utenza misto sublacuale/ interrato	62
valutazione campo magnetico – Stazioni Elettriche	66
Calcolo della DPA Stazioni Elettriche 380/150 kV “SE Nurri 2” e “SE Sanluri”	67

Si noti che nel presente documento i valori numerici sono stati riportati utilizzando la seguente convenzione:

separatore delle migliaia = virgola (,)

separatore decimale = punto (.)

1 PREMESSA

La presente relazione consiste nell'elaborato di Stima degli Impatti aggiornato in seguito alla richiesta di interramento, da parte degli Enti Competenti, di tutta la Rete Linea di Utenza.

1.1 STIMA DEGLI IMPATTI CONDOTTA NELLO SIA – OPERE DI CONNESSIONE ALLA RTN

1.1.1 INTERAZIONI DELLE OPERE CON LE COMPONENTI AMBIENTALI

1.1.1.1 POPOLAZIONE E SALUTE UMANA

1.1.1.1.1 *Valutazione degli Impatti e Identificazione delle Misure di Mitigazione*

Impatti in fase di cantiere

Gli impatti sulla popolazione in fase di cantiere sono di seguito valutati:

✓ **Disturbo alla viabilità**

La presenza dei mezzi impegnati nei lavori in fase di cantiere potrebbe determinare disturbi alla viabilità, tuttavia l'incremento di traffico sarà totalmente reversibile ed a scala locale, in quanto limitato al periodo di esecuzione lavori e maggiormente concentrato nell'intorno delle aree di intervento, mentre inciderà in misura ridotta sui volumi di traffico registrati sulla viabilità principale. Limitatamente ai lavori relativi all'elettrodotta in cavo interrato, durante le operazioni di scavo, posa e ripristino, sarà interrotta la circolazione nel tratto di cantiere. In questo caso sarà individuata la viabilità alternativa e segnalata mediante adeguata cartellonistica. Si segnala in ogni caso che i cantieri per la posa dei cavi interrati, definiti cantieri di tipo mobile, hanno una estensione giornaliera al massimo di 50 m pari all'estensione che può essere lavorata in un giorno per lo scavo della trincea e la posa delle tubiere.

Le attività di cantiere sfrutteranno, per quanto possibile, la viabilità locale esistente, già caratterizzata dal transito di mezzi pesanti ed agricoli. Le strade su cui sarà posato il cavo interrato non sono legate alla grande circolazione. Per circa 500 metri la posa avverrà su strada provinciale, mentre nel resto del tracciato la viabilità è locale. I tratti di posa in TOC saranno inoltre interessati dal cantiere solo all'inizio e alla fine della TOC stessa limitando pertanto ulteriormente le aree occupate dal cantiere mobile.

Sono previste le seguenti misure di mitigazione: l'installazione di segnali stradali lungo la viabilità di servizio ed ordinaria, l'ottimizzazione dei percorsi e dei flussi dei trasporti e l'adozione delle procedure di sicurezza in fase di cantiere.

L'impatto, pertanto, risulta non rilevante.

✓ **Impatto sull'occupazione**

La realizzazione delle opere in progetto impiegherà diversi addetti (tra operai e tecnici) a tempo pieno: alcune mansioni sono altamente specialistiche, pertanto si ritiene meno probabile l'impiego di manodopera locale, a differenza di altre operazioni – quali la realizzazione di piste di servizio e l'attività di sorveglianza – che risultano invece compatibili con un significativo numero di imprese e/o personale locale.

L'impegno richiesto, pur se non sufficiente a garantire stabili e significativi incrementi dei livelli di occupazione locali, risulta comunque positivo a livello locale.

✓ **Effetti sulla salute pubblica**

Fermo restando il rispetto di tutte le misure di mitigazione e controllo previste nell'ambito delle specifiche componenti ambientali analizzate, che possono avere effetti positivi anche nei confronti della salute pubblica, i possibili impatti valutabili per questa componente sono i seguenti:

- Emissione di polveri ed inquinanti in atmosfera
- L'alterazione della qualità dell'aria per effetto delle emissioni di polveri e di inquinanti in fase di cantiere, anche grazie alle misure di mitigazione ipotizzate, è trascurabile, pertanto pure gli effetti sulla salute umana risultano trascurabili. Per ulteriori dettagli si rimanda alla sezione dedicata all'atmosfera.

- Alterazione della qualità delle acque superficiali e sotterranee: la natura, la durata e la portata degli effetti su tale componente sono poco significative. Si rimanda alla sezione dedicata all'acqua per i relativi approfondimenti.
- Emissioni di rumore attribuibili al transito dei mezzi di cantiere; non si prevedono particolari impatti data la natura strettamente temporanea delle emissioni rumorose.

L'impatto, pertanto, si ritiene non rilevante.

Impatti in fase di esercizio

Le opere di rete in progetto devono soddisfare una serie di criteri per rendere nulle o comunque compatibili le loro possibili interazioni con la salute delle popolazioni che risiedono e frequentano il sito di intervento in fase di esercizio.

In particolare, si considerano i seguenti aspetti:

- ✓ Fenomeni di interazione tra i campi elettromagnetici ed elettrici generati nelle diverse componenti delle opere e le popolazioni residenti e/o frequentanti i siti di impianto;
- ✓ Fenomeni legati alle interferenze da rumore nei confronti dei fabbricati abitati/frequentati.

La valutazione degli impatti è riportata nella sezione dedicata agli agenti fisici.

1.1.1.2 BIODIVERSITÀ

1.1.1.2.1 Valutazione degli Impatti e Identificazione delle Misure di Mitigazione

Impatti in fase di cantiere e in fase di esercizio

Valutazione degli indicatori chiave in fase di cantiere ed in fase di esercizio	
Tipo di incidenza	Valutazione degli indicatori chiave
Perdita di superficie di habitat e/o habitat di specie	% della perdita Le opere in progetto interessano in prevalenza superfici agricole, pertanto la perdita di superficie di habitat e/o habitat di specie sarà poco significativo in fase sia di cantiere che di esercizio.
Perdita di specie di interesse conservazionistico	% della perdita Le azioni in fase di cantiere che possono incidere su aree esterne a quelle di cantiere sono ascrivibili alla produzione di rumori, al sollevamento di polveri e alle emissioni gassose dei mezzi d'opera, tuttavia, considerata la distanza del SIC/ZSC dalle aree di cantiere pari a minimo 1.3 km, si può ritenere che non possano causare la perdita di specie di interesse conservazionistico. In fase di esercizio , la perdita di specie potrebbe essere potenzialmente causata da collisioni di avifauna e chiroterofauna contro i conduttori degli elettrodotti aerei, tuttavia, essendo il tracciato delle opere localizzato su un'area prevalentemente pianeggiante e agricola, senza "quinte" scure che ne precludano la visibilità, non si prevedono situazioni in grado di aumentare il rischio potenziale. Le aree interessate dal passaggio dei nuovi elettrodotti in prossimità del SIC/ZSC sono coperte principalmente da: Prati stabili (foraggere permanenti) (codice CLC 2.3.1), Aree a pascolo naturale (codice CLC 3.2.1), Zone residenziali a tessuto discontinuo e rado (codice 1.1.2), Oliveti (codice CLC 2.2.3), Vigneti (codice CLC 2.2.1), Colture temporanee associate ad altre colture permanenti (codice 2.4.1.3) e Sistemi colturali e particellari complessi (codice 2.4.2). La scheda Natura 2000 del SIC/ZSC evidenzia la potenziale importanza ornitologica del Sito, in particolare per la nidificazione delle specie <i>Anthus campestris</i> (calandro), <i>Burhinus oedipnemus</i> (occhione), <i>Caprimulgus europaeus</i> (succiacapre) e <i>Alectoris barbara</i> (pernice sarda), tuttavia la consistenza di tali specie è in genere indicata come non significativa.

Valutazione degli indicatori chiave in fase di cantiere ed in fase di esercizio	
Tipo di incidenza	Valutazione degli indicatori chiave
	<p>La pernice sarda potrebbe frequentare le aree coltivate a cereali, quelle limitrofe occupate da prati stabili o quelle con pascolo naturale. L'occhione risulta legato agli spazi aperti e collinari, ma nidifica sul suolo, per lo più nei greti dei fiumi o torrenti asciutti, con ciottoli. Il calandro frequenta preferibilmente zone sabbiose, cespugliose ed incolte. Gli ambienti europei prediletti del succiacapre sono le brughiere e le praterie asciutte, ma anche lecceti leggeri e sabbiosi con grandi superfici aperte.</p> <p>Gli usi del suolo presenti in prossimità dei microcantieri o nelle aree di intervento, pertanto, potrebbero essere solo parzialmente idonei alle specie citate; inoltre, tali specie sono caratterizzate da incidenza assente o poco probabile riguardo il rischio di collisione (più sensibile solo la pernice).</p> <p>In fase di cantiere, considerando la superficie esigua occupata dai singoli micro cantieri, l'ampia variabilità degli ambienti ed il tempo limitato dei singoli interventi, la perturbazione provocata alla specie sopraindicata può considerarsi di entità trascurabile.</p> <p>In fase di esercizio, la nuova linea potrebbe potenzialmente creare disturbo alle specie ornitiche di interesse, anche se di entità limitata, comunque la linea elettrica più vicina dovrebbe situarsi a minimo 1.3 km dall'area Natura 2000, in un territorio con habitat non sempre ottimali per le specie, pertanto si può ipotizzare una rapida assimilazione dei manufatti da parte delle specie che frequentano il sito, in particolare quelle stanziali.</p> <p><u>La perdita di specie di interesse conservazionistico, pertanto, si ritiene poca significativa sia in fase di cantiere che in fase di esercizio.</u></p>
Perturbazione alle specie di flora e fauna	<p><u>Durata e distanza dal sito</u></p> <p>Le opere in progetto interessano in prevalenza superfici agricole, inoltre la ZSC dista minimo 1.3 km dal microcantiere più vicino, pertanto <u>gli eventuali disturbi a fauna e flora in fase di cantiere</u> – causati dai rumori provocati dai mezzi d'opera, dalla produzione di polveri e dalla presenza del personale in cantiere – <u>risultano non rilevanti.</u></p> <p>La nuova linea potrebbe creare disturbo alle specie ornitiche di interesse <u>in fase di esercizio</u>, tuttavia, data la distanza della nuova linea dal sito naturalistico e la presenza di ambienti in maggior parte già antropizzati, <u>si può ritenere poca significativa la perturbazione alle specie della flora e della fauna.</u></p>
Cambiamenti negli elementi principali del SIC/ZSC	<p><u>Variazioni dei parametri qualitativi</u></p> <p><u>In fase di cantiere</u> il trasporto dei mezzi e dei materiali di costruzione genera emissioni atmosferiche temporanee dovute ai processi di combustione dei veicoli e sollevamento delle polveri nell'ambiente circostante: considerate le entità esigue delle emissioni in atmosfera generate dalle attività di cantiere e la distanza dei cantieri dal SIC/ZSC, le alterazioni complessive sull'atmosfera sono da ritenersi non rilevanti. Gli interventi insistono su superfici antropizzate e sono esterni al sito della Rete Natura 2000, pertanto non vi saranno cambiamenti negli elementi principali del sito naturalistico <u>in fase di esercizio.</u></p> <p><u>Le alterazioni complessive sul SIC/ZSC sono non rilevanti sia in fase di cantiere che in fase di esercizio.</u></p>

Valutazione degli indicatori chiave in fase di cantiere ed in fase di esercizio	
Tipo di incidenza	Valutazione degli indicatori chiave
Interferenze con le connessioni ecologiche	<p><u>Intersezioni con corridoi ed elementi della rete ecologica</u> Gli elettrodotti aerei interessano alcuni corsi d'acqua, tuttavia i sostegni degli elettrodotti aerei non insistono su tali connessioni, mentre l'elettrodotto in cavo della linea di utenza interessa il Lago del Flumendosa, ma mediante attraversamento in cavo sublacuale. Il cavidotto interrato in progetto attraversa i boschi di conifere e latifoglie e le praterie lungo il Lago del Flumendosa, ma su una viabilità locale esistente, mentre le stazioni ed i sostegni degli elettrodotti aerei interessano in prevalenza colture erbacee specializzate. <u>L'interferenza con le connessioni ecologiche, vista anche la distanza da siti naturalistici, si ritiene poco significativa sia in fase di cantiere che di esercizio.</u></p>

Il livello di impatto delle opere in progetto sulla componente biodiversità è stimato nel complesso poco significativo, ulteriormente ridotto dall'adozione di opportune misure di mitigazione.

1.1.1.3 SUOLO, USO DEL SUOLO

I fattori di perturbazione indagati sono di seguito riportati:

Fattori di perturbazione	Impatti potenziali	Fase
Sversamenti e trafilemanti accidentali dai mezzi e dai materiali temporaneamente stoccati in cantiere	Alterazione della qualità dei suoli	Cantiere
Occupazione di suolo con i nuovi manufatti	Limitazione/perdita d'uso del suolo	Cantiere/Esercizio

In fase di esercizio si ritiene poco probabile e di intensità trascurabile l'inquinamento derivante da sversamenti e trafilemanti accidentali dai mezzi utilizzati dai manutentori per raggiungere le opere di rete in oggetto.

La fase di dismissione – che prevede lo smantellamento delle strutture alla fine del loro ciclo di vita e, quindi, operazioni di movimento terra e transito di mezzi con conseguente sollevamento di polveri – non è stata considerata poiché presenta sostanzialmente gli stessi impatti legati alla fase di cantiere e, in ogni caso, è finalizzata al ripristino dello stato dei luoghi nelle condizioni ante operam.

1.1.1.3.1 Valutazione degli Impatti e Identificazione delle Misure di Mitigazione

Impatti in fase di cantiere

Alterazione della qualità dei suoli

L'alterazione del suolo potrebbe verificarsi solo accidentalmente nei casi di:

- ✓ perdita di olio motore o carburante da parte dei mezzi di cantiere in cattivo stato di manutenzione o a seguito di manipolazione di tali sostanze in aree di cantiere non pavimentate;
- ✓ sversamento di altro tipo di sostanza inquinante utilizzata durante i lavori.

Tale eventualità, già poco probabile, sarebbe comunque limitata alla capacità massima del serbatoio del mezzo operante, quindi a poche decine di litri immediatamente assorbite dallo strato superficiale e facilmente asportabili nell'immediato prima che possano diffondersi negli strati profondi; inoltre, nel remoto caso di una perdita dai mezzi è prevista la rimozione della porzione di suolo coinvolta ed il suo smaltimento secondo le vigenti norme.

In virtù della tipologia di lavori previsti e dei mezzi a disposizione, il possibile inquinamento derivante dalla remota possibilità di uno sversamento accidentale di sostanze nocive può essere classificato non rilevante.

Limitazione/perdita d'uso del suolo

Il consumo di suolo in fase di cantiere per l'elettrodotto aereo è limitato alle aree di microcantiere, di manovra dei mezzi ed alle eventuali piste di accesso che insistono in prevalenza su superfici agricole o su viabilità esistente. L'elettrodotto in cavo interrato sarà posato per la maggior parte su viabilità esistente o in TOC. Il consumo di suolo per tale opera è limitato a circa 250 metri lineari di trincea nel comune di Orroli. Per quanto riguarda le stazioni elettriche, sarà occupata l'area dei rilevati e della viabilità di accesso.

Il contesto territoriale interessato dalle opere di connessione denota un paesaggio agrario tendenzialmente povero con scarse infrastrutture e con aziende agricole estensive o semi estensive e poco produttive.

Le potenzialità economiche dell'agricoltura, in termini di reddito ritraibile, sono limitate dalla scarsa disponibilità di capitali impiegati, dalla morfologia spesso impegnativa per le lavorazioni e generalmente dall'assenza di risorse idriche.

Viste la limitata sottrazione di suolo tale da non pregiudicare l'uso dei suoli adiacenti e la durata limitata del cantiere, tale impatto può essere considerato poco significativo, anche in virtù degli interventi di ripristino ambientale allo stato originario previsti a fine lavori per le superfici interferite dalle piste e dalle aree di micro cantiere.

Impatti in fase di esercizio

Limitazione/perdita d'uso del suolo

La contabilizzazione del suolo agrario e/naturale occupato dalle attività o dalle opere in progetto in fase di esercizio ha considerato gli ingombri delle stazioni elettriche e dei sostegni alle linee aeree che insistono principalmente su aree agricole destinate a seminativi.

Le superfici sottratte all'attività agricola sono sostanzialmente molto limitate e le ricadute economiche sul settore risultano trascurabili in quanto trattasi di aree generalmente estensive, eccessivamente frammentate e con bassi redditi ritraibili.

In fase di esercizio, pertanto, la presenza delle opere in progetto, trattandosi di linea interrata e linea su sostegni in acciaio del tipo reticolare, determinerà un impatto non rilevante sul contesto rurale.

1.1.1.4 GEOLOGIA E ACQUE

1.1.1.4.1 *Valutazione degli Impatti e Identificazione delle Misure di Mitigazione*

La realizzazione di un elettrodotto non comporta impatti significativi per l'assetto geologico e geomorfologico in termini di consumo di suolo e di alterazioni morfologiche.

La localizzazione delle opere in progetto, inoltre, è stata scelta anche in funzione delle condizioni geomorfologiche delle aree di intervento.

Le tipologie di impatto potenziale prodotte dalle opere in progetto, suddivise per fasi progettuali/costruttive, sono state individuate tramite l'analisi delle caratteristiche geologiche e geomorfologiche dell'area in esame.

Per ulteriori dettagli si rimanda alla Relazione geologica.

Impatti in fase di cantiere

Le ridotte dimensioni dei microcantieri dei sostegni (25 m x 25 m) e la localizzazione puntuale degli stessi sul territorio rendono trascurabili gli impatti e le possibili alterazioni sull'assetto morfodinamico generale dell'area di progetto, infatti non sono previste azioni di progetto che possano comportare un aumento della pericolosità delle aree di progetto, mentre sono previste opere di mitigazione e/o ottimizzazione per i sostegni ricadenti in aree soggette a possibili fenomeni di dissesto (per dettagli si rimanda alla Relazione geologica).

Le tipologie di lavorazioni proprie di un microcantiere non producono alcuna immissione di sostanze pericolose nel suolo: il potenziale inquinamento del suolo potrebbe derivare solo da sversamenti accidentali di sostanze inquinanti provenienti dai mezzi di cantiere (benzina, olio, ...), tuttavia tale impatto si può stimare trascurabile adottando opportuni accorgimenti in fase di cantiere.

L'impatto complessivo, pertanto, si ritiene non rilevante.

Impatti in fase di esercizio

Le opere in progetto interferiranno con aree classificate dal PAI a pericolosità geomorfologica molto elevata, elevata, media e moderata, tuttavia saranno previste le seguenti opere di mitigazione del rischio:

- Realizzazione di fondazioni profonde su micropali Tubfix/Pali trivellati per i sostegni ricadenti in area a vulnerabilità idrogeologica saranno, con piano di fondazione approfondito fino al di sotto della quota massima di erosione del corso d'acqua così da garantire una maggiore stabilità dei sostegni in occasione delle piene di riferimento.
Si evidenzia che il calcestruzzo – consegnato in cantiere già confezionato – non è potenzialmente inquinante per le acque di falda, anche in virtù dei volumi non significativi utilizzati.
- Installazione di barriere paramassi elastoplastiche se necessario a seguito di studi dettagliati in fase esecutiva.

Gli interventi, pertanto, non modificheranno l'assetto idrogeologico delle aree circostanti e gli impatti delle opere su tale componente possono essere ritenuti trascurabili.

1.1.1.5 Atmosfera aria e clima

1.1.1.5.1 Valutazione degli Impatti e Identificazione delle Misure di Mitigazione

I potenziali impatti sulla componente atmosfera delle opere in progetto sono legati ai seguenti fattori:

Fattori di perturbazione	Impatti potenziali	Fase
Movimenti terra/inerti e transito mezzi di cantiere	Emissioni di polvere	Cantiere/Dismissione
Transito e manovra dei mezzi/attrezzature di cantiere	Emissioni di gas serra da traffico veicolare	Cantiere/Dismissione
Esercizio dell'impianto	Emissioni di gas serra	Esercizio

La **fase di cantiere** rappresenta la fase più significativa per gli impatti sull'atmosfera.

In **fase di esercizio** non si prevedono impatti negativi legati alle emissioni di polvere o inquinanti poiché le attività previste, riconducibili ad interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria, sono da ritenersi trascurabili: il transito di mezzi operativi su piste spesso non pavimentate, in particolare, risulta trascurabile sia per la sporadicità delle operazioni manutentive sia per l'entità delle emissioni. L'esercizio della linea elettrica, infatti, non determina impatti in atmosfera.

La **fase di dismissione** – relativa allo smantellamento delle strutture alla fine del loro ciclo di vita – prevede operazioni di movimento terra e transito di mezzi con conseguente sollevamento di polveri, tuttavia tali impatti, saranno di entità minore rispetto a quelli previsti in fase di cantiere.

Impatti in fase di cantiere

La cantierizzazione di un elettrodotto è caratterizzata dallo sviluppo in lunghezza della linea che impone uno spostamento di mezzi e risorse. La realizzazione e la demolizione di ogni traliccio di sostegno rappresenta, quindi, un singolo microcantiere.

Di seguito si riporta il dettaglio delle attività per la realizzazione di un sostegno di un elettrodotto aereo 380 kV con medie difficoltà di accesso: la durata del cantiere è stimata pari a circa un mese e mezzo, compresi i tempi di inattività che non comportano disturbo.

Durata	Attività
1 g	Predisposizione area
2-3 gg	Scavi
7-10 gg	Trivellazioni
1-2 gg	Posa barre, iniezioni malta
7 gg	Maturazione iniezioni, prova su un micropalo
1 g	Prove su un micropalo/tirante
1 g	Montaggio base sostegno
1 g	Montaggio gabbie di armatura
1 g	Getto fondazione
7-15 gg	Maturazione calcestruzzo
5-7 gg	Montaggio sostegno

La fase di esecuzione delle opere in progetto prevede le seguenti tipologie di cantiere:

- ✓ Cantiere base: rappresenta l'area di cantiere (in questo caso una superficie indicativa di circa 5,000 -10,000 m^q) destinata al deposito dei macchinari ed allo stoccaggio dei materiali e delle carpenterie utilizzati nella fase esecutiva. La scelta della sua collocazione è dettata principalmente dalle condizioni di accessibilità e di vicinanza al tracciato degli elettrodotti.
- ✓ Cantiere traliccio (microcantiere di superficie pari a 625 m²): la realizzazione di ogni traliccio di sostegno alle linee aeree, come la demolizione a fine vita, rappresenta un singolo microcantiere di durata di circa un mese / un mese e mezzo, compresi i tempi di inattività che non comportano disturbo, a seconda della tipologia di fondazione (superficiale o profonda su pali) e dell'accessibilità dell'area di intervento. Per ciascun traliccio di sostegno delle linee aeree va predisposto un cantiere apposito in cui si svolgono le seguenti operazioni: predisposizione dell'area, scavo, montaggio della base, montaggio delle gabbie di armatura, getto della fondazione, maturazione del calcestruzzo, trasporto e montaggio del traliccio, posa e tesatura dei condotti, ripristini.
- ✓ Cantiere elettrodotto interrato. Le operazioni svolte sono le seguenti: esecuzione degli scavi per l'alloggiamento delle tubiere, reinterramento dello scavo fino a piano campagna, stendimento e posa del cavo mediante traino tra buche giunti successive e rinterro dello scavo delle buche giunti fino a piano campagna. L'avanzamento medio previsto è di circa 50 metri al giorno.
- ✓ Cantiere Stazione Elettrica: sono previsti i raccordi stradali tra il cantiere e la viabilità esistente, gli scavi per le stazioni, la realizzazione delle opere civili e delle apparecchiature elettriche, i montaggi elettromeccanici, dei servizi ausiliari e generali, del sistema di protezione, comando e controllo e, infine, la rimozione del cantiere. Tale cantiere può essere assimilato, per tipologia di attività, di mezzi utilizzati e per la possibile incidenza sul comparto atmosfera, a quelli per la realizzazione dei singoli sostegni.
- ✓ Cantiere Cavo Sublacuale: è prevista la posa del cavo mediante una imbarcazione apposita. Per la natura stessa dell'opera non vi sarà sollevamento di polveri.
- ✓ Cantiere dismissione: allestito per la dismissione di ciascun traliccio, vi si effettueranno le operazioni di recupero dei conduttori, delle funi di guardia e degli armamenti, smontaggio della carpenteria metallica dei sostegni e demolizione della fondazione del sostegno.

La generazione di polveri può essere attribuita principalmente alle seguenti attività:

- ✓ operazioni di movimento terra (scavi, deposito terre da scavo riutilizzabili, ...);
- ✓ trasporti interni da e verso l'esterno (conferimento materie prime, spostamenti dei mezzi di lavoro, ...) su strade e piste non pavimentate in particolare.

Tra le sorgenti di polveri sono ritenuti trascurabili i motori delle macchine operatrici, oltre che quelle dovute al sollevamento di polveri durante il transito sulle piste asfaltate (Barbaro A. et al., 2009), che in ogni caso sono abbattute con sistemi di pulizia delle strade pubbliche in corrispondenza dell'uscita dall'area di cantiere.

L'Ufficio Federale dell'ambiente, delle foreste e del paesaggio di Berna ha emanato nel 2009 la direttiva sulla "Protezione dell'aria sui cantieri edili" in cui viene indicata l'incidenza di emissione delle diverse sostanze inquinanti in funzione di alcune tipologie di lavorazioni.

LAVORAZIONE	Emissioni non di motori		Emissioni di motori
	Polveri	COV, gas (solventi, ...)	NOx, CO, CO2, Pts, PM10, COV, HC
Installazioni generali di cantiere: segnatamente infrastrutture viarie	A	B	M
Lavori di dissodamento (abbattimento e sradicamento alberi)	M	B	M
Demolizioni, smantellamento e rimozioni	A	B	M
Misure di sicurezza dell'opera: perforazione, calcestruzzo a proiezione	M	B	M
Impermeabilizzazioni di opere interrate e di ponti	M	A	B
Lavori di sterro (inclusi lavori esterni e lavori in terreno coltivabile, drenaggio)	A	B	A

Scavo generale	A	B	A
Opere idrauliche, sistemazione di corsi d'acqua	A	B	A
Strati di fondazione ed estrazione materiale	A	B	A
Pavimentazioni	M	A	A
Posa binari	M	B	A
Calcestruzzo gettato in opera	B	B	M
Lavori sotterranei: scavi	A	M	A
Lavori fornitura per tracciati, segnatamente demarcazioni di superficie del traffico	B	A	B
Opere in calcestruzzo semplice e calcestruzzo armato	B	B	M
Ripristino e protezione strutture in calcestruzzo, carotaggio e lavori di fresatura	A	B	B
Opere in pietra naturale e in pietra artificiale	M	B	B
Coperture: impermeabilizzazioni in materiali plastici ed elastici	B	A	B
Sigillature e isolazioni speciali	B	A	B
Intonaci di facciate: intonaci, opere da gessatore	M	M	B
Opere da pittore (interne/esterne)	M	A	B
Pavimenti, rivestimenti di pareti e soffitti in vario materiale	M	M	B
Pulizia dell'edificio	M	M	B

A	Elevata/molto elevata
M	Media
B	Ridotta

Emissioni di polveri

La generazione di polveri può essere attribuita principalmente alle seguenti attività:

- ✓ Alle operazioni di movimento terra (scavi, deposito terre da scavo riutilizzabili, ecc.).
- ✓ Ai trasporti interni da e verso l'esterno (conferimento materie prime per la realizzazione delle strade, spostamenti dei mezzi di lavoro, ecc.) su strade e piste pavimentate e non pavimentate.

Emissioni di polveri da transito mezzi

Il transito di mezzi di trasporto e di macchine da cantiere genera un sollevamento di polveri indotto dall'azione di polverizzazione del materiale superficiale delle piste ad opera della rotazione delle ruote.

Le polveri vengono disperse dai vortici turbolenti che si creano sotto il mezzo. Nel caso di strade non pavimentate il fenomeno di innalzamento di polveri persiste anche dopo il transito del mezzo.

Le emissioni di polveri prodotte dal transito dei mezzi su piste pavimentate e non pavimentate sono state stimate tramite opportuni fattori di emissione derivati da formule empiriche fornite dall'E.P.A., raccolte in un documento denominato AP 42 (2003) – Miscellaneous Sources.

Nel paragrafo 13.2.1 di AP 42 (2003) Miscellaneous Sources è riportata la seguente formula empirica per la determinazione del fattore di emissione di polveri da circolazione di mezzi su piste pavimentate:

$$E = k + \left(\frac{sL}{2}\right)^{0,65} + \left(\frac{W}{3}\right)^{1,5} \left[\frac{g}{\text{veicolo} \cdot \text{km}}\right]$$

dove:

k = 4.6 [g/veicolo*km] per i PM10

sL = contenuto di silt per superficie stradale [g/m²]

W = peso medio dei mezzi di trasporto [t]

$$E_{corretta} = E * \left(1 - \frac{P}{4 * 3365}\right) \left[\frac{g}{veicolo * km}\right]$$

dove:

P = giorni di piovosità all'anno [d/y]

Fattore di emissione di polveri da transito su strada pavimentata: parametri

Costante	Parametro	Valore
k	Coefficiente	4.6 g/veicolo * km
sL	Contenuto di silt sulla superficie stradale	10 g/m ²
W	Peso medio dei mezzi	12 t

Nel paragrafo 13.2.2 di AP (2003) Miscellaneus Sources è riportata la seguente formula empirica per la determinazione del fattore di emissione di polveri da circolazione di mezzi su piste non pavimentate:

$$E = k \left(\frac{s}{12}\right)^a * \left(\frac{W}{3}\right)^b \left[\frac{ib}{veicolo * miglio}\right]$$

dove:

k = 1.5 [ib/veicolo*miglio] per i PM₁₀

a = 0.9 [-] per i PM₁₀

b = 0.45 [-] per i PM₁₀

s = contenuto di silt della superficie stradale [%]

W = peso medio dei mezzi di trasporto [t]

Si considera la conversione: $1 \frac{ib}{veicolo * miglio} = 281,9 \frac{g}{veicolo * km}$

L'effetto di mitigazione dovuto alla piovosità è valutato applicando la seguente correzione:

$$E_{corretta} = E * \left(1 - \frac{P}{365}\right) \left[\frac{ib}{veicolo * miglio}\right]$$

dove:

P = giorni di piovosità all'anno [d/y]

Fattore di emissione di polveri da transito su strada non pavimentata: parametri

Costante	Parametro	Valore
k	Coefficiente	1.5 lb/veicolo * miglio
a	Coefficiente adimensionale	0.9
b	Coefficiente adimensionale	0.45
s	Contenuto di silt sulla superficie stradale	10%
W	Peso medio dei mezzi	12 t

L'emissione finale di polveri è calcolata considerando il numero medio di viaggi al giorno all'interno del sito ed il numero di ore lavorative al giorno.

L'area di intervento presenta un numero di giorni piovosi in un anno pari a 74.

Di seguito si procede alla determinazione dei fattori di emissione per ogni tipologia di cantiere sopra individuata:

- ✓ Cantiere traliccio (microcantiere)

I cantieri allestiti per la realizzazione o la demolizione dei tralicci sono spesso collocati in aree raggiungibili tramite strade campestri già esistenti o da realizzare di lunghezza comunque contenuta, pertanto vanno stimati i fattori di emissione per il trasporto su strada non pavimentata: considerando una giornata lavorativa di 8 ore e, nella situazione peggiore, il transito di 1 veicolo all'ora, il fattore di emissione per il sollevamento di polveri dovuto al transito su piste non pavimentate risulta pari a 0.240 g/veicolo km.

I mezzi impiegati dovranno viaggiare anche sulla viabilità pubblica pavimentata, pertanto vanno determinati i fattori di emissione di polveri da trasporto su piste asfaltate: considerando i parametri di traffico precedenti (1 veicolo all'ora per 8 ore lavorative al giorno), si ricava un fattore di emissione di polveri PM10 dovuto al transito su piste non pavimentate pari a 0.080 g/veicolo km.

- ✓ Cantiere base e stazioni elettriche

I cantieri base risultano localizzati in aree facilmente accessibili da cui i mezzi potranno raggiungere ogni giorno i vari cantieri attivi.

I cantieri per la realizzazione delle nuove stazioni elettriche saranno serviti da strade appositamente sistemate per il passaggio dei mezzi.

Tali cantieri, pertanto, saranno raggiungibili tramite strade pavimentate: considerando la circolazione, in via cautelativa, di 4 veicoli all'ora per 8 ore lavorative al giorno, si ricava un fattore di emissione di polveri PM10 per transito su strade pavimentate pari a 0.318 g/veicolo km.

✓ Cantiere cavi interrati

I cantieri allestiti per la realizzazione degli elettrodotti in cavo interrato si estenderanno progressivamente sul tracciato della linea interrata. In questo caso sono stati valutati i fattori di emissione dovuti al transito su piste sia pavimentate che non pavimentate: considerando il transito di un mezzo ogni 2 ore per 8 ore lavorative al giorno, il fattore di emissione polveri risulta pari a 0.040 g/veicolo km per il transito su piste asfaltate e 0,120 g/veicolo km su piste non pavimentate.

✓ Cantiere dismissione

Anche per questa tipologia di cantiere sono stati valutati i fattori di emissione di polveri per la circolazione di mezzi sia su strade asfaltate che non pavimentate: considerando il transito di un mezzo per ognuna delle otto ore lavorative, i valori stimati sono rispettivamente pari a 0.080 e 0.240 g/veicolo km.

Di seguito si riassumono i risultati delle valutazioni precedenti per ogni tipologia di cantiere.

Fattori di emissioni di polveri per tipologia di cantiere

Tipologia di cantiere	Fattore di emissione di polveri per circolazione su strada pavimentata	Fattore di emissione di polveri per circolazione su strada non pavimentata
	[g/veicolo km]	[g/veicolo km]
Traliccio	0.080	0.240
Base	0.318	-
Cavi interrati	0.040	0.120
Demolizioni	0.080	0.240
Stazioni elettriche	0.318	-

Il transito di mezzi su strade sterrate genera un sollevamento di polveri maggiore rispetto a quello indotto dalla circolazione su piste asfaltate a parità di condizioni al contorno.

I cantieri base sono più critici perché, svolgendo la funzione di deposito veicoli e materiali, sono caratterizzati da un numero più elevato di mezzi in movimento in ingresso ed in uscita.

I valori di emissione polveri risultano piuttosto contenuti nel complesso e saranno ulteriormente ridotti dall'adozione di misure di mitigazione.

Emissioni di polveri da movimentazione terreno

La movimentazione di terre ed il deposito di materiali sciolti al suolo soggetti all'azione del vento generano il sollevamento di polveri: i relativi fattori di emissione polveri sono stati stimati in base alle indicazioni fornite dall'E.P.A. nel documento AP 42 (2003) "Miscellaneous Sources", paragrafo 13:

$$E = k * \frac{0.0016 \left(\frac{U}{2.2}\right)^{1.3}}{\left(\frac{M}{2}\right)^{1.4}} = \left[\frac{\text{kg}}{\text{ton}}\right]$$

dove:

U = velocità media del vento [m/s]

M = contenuto di umidità del materiale [%]

k = coefficiente adimensionale funzione della dimensione delle particelle sollevate:

Valori del coefficiente k

Diametro del particolato stoccato [μm]	k [-]
< 30	0.74
< 15	0.48
< 10	0.38
< 5	0.2
< 2.5	0.11

Fattore di emissione di polveri da movimentazione di terreno

Simbolo	Parametro	Valore
k	Coefficiente adimensionale	0.38
M	Contenuto di umidità del materiale	0 - 5%

L'area di intervento è caratterizzata da una velocità del vento medio pari a 1.46 m/s.

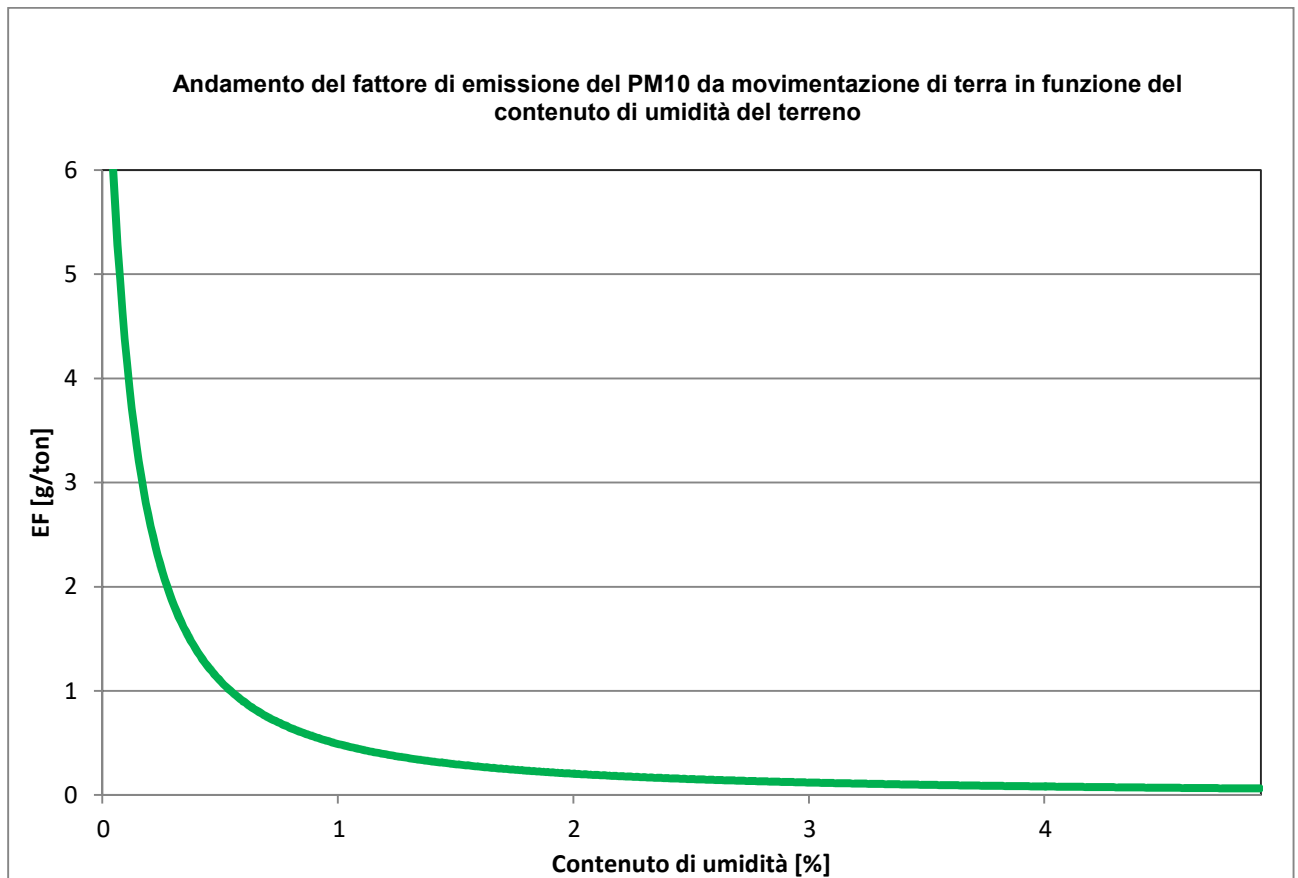
La formula empirica proposta dall'E.P.A. è valida solo nel caso in cui i parametri introdotti siano compresi nei seguenti range:

- ✓ contenuto di silt: 0.44% - 19%;
- ✓ contenuto di umidità del terreno: 0.25% - 4.8%;
- ✓ velocità media del vento: 0.6 - 6.7 m/s.

La formula, inoltre, considera le emissioni polveri durante le seguenti operazioni:

- ✓ formazione dei cumuli temporanei di stoccaggio;
- ✓ circolazione mezzi nell'area di stoccaggio;
- ✓ erosione del vento sui cumuli e nelle aree circostanti;
- ✓ movimentazione del materiale nelle fasi di carico dei mezzi deputati al suo conferimento finale.

L'emissione di polveri diminuisce considerevolmente già per valori di umidità del terreno piuttosto contenuti, assumendo un andamento di tipo asintotico rispetto all'asse delle ascisse:



Un terreno naturale presenta valori medi di umidità attorno al 30%, pertanto è possibile affermare che **l'emissione di polveri dovuta alla movimentazione di materiale sciolto è molto contenuta.**

Nella tabella seguente si riporta una stima delle concentrazioni medie di PM₁₀ al variare della distanza dal punto di lavorazione in un generico cantiere:

Distanza zona di lavorazione	[m]	<100	100 ÷ 200	200 ÷ 300	300 ÷ 400	>400
Concentrazione PM ₁₀	[µg/m ³]	>90	40 ÷ 90	25 ÷ 40	15 ÷ 25	<15

Le attività di cantiere, dunque, possono determinare il raggiungimento delle concentrazioni limite indicate dalla legislazione per il PM₁₀ (50 µg/m³) entro una fascia dell'ordine di 200 metri dai cantieri e quindi una ristretta porzione di territorio. Si ritiene pertanto l'impatto da movimentazione di terra di entità non rilevante, reversibile e mitigabile.

I **recettori sensibili** sono stati ricercati tra le seguenti tipologie di strutture:

- ✓ edifici commerciali;
- ✓ luoghi di culto;
- ✓ edifici ricreativi
- ✓ sedi di cliniche, attività culturali e sportive, forze dell'ordine, ospedali, poste, scuole, tribunali, uffici dell'amministrazione pubblica, servizi sanitari locali;
- ✓ servizi di trasporto;
- ✓ stazioni di polizia;
- ✓ stazioni marittime;
- ✓ strutture alberghiere
- ✓ teatri e auditorium.

Tra queste categorie di strutture in un buffer di 200 metri dalle aree dove saranno eseguite movimentazioni di terra, è stato individuato un parco giochi e un cimitero nell'estremità meridionale dell'abitato di Orroli. L'interferenza sarà temporanea, solamente nella fase di cantiere del cavo interrato (che prevede limitati movimenti di materiale). Sulla scorta delle considerazioni sopra effettuate si prevede che con un'adeguata gestione del materiale di scavo, mediante copertura e bagnatura, saranno rispettati i limiti per le polveri.

Emissioni di inquinanti da traffico

Il processo di combustione che avviene all'interno dei motori dei mezzi di trasporto e dei macchinari comporta la formazione di una serie di contaminanti atmosferici, tra cui i principali sono: CO, NMVOC (composti organici volatili non metanici), PM e NO_x.

La stima dei fattori di emissione di inquinanti dovuti al traffico di veicoli ha fatto riferimento alla banca dati di SinaNer (APAT) aggiornata con i dati del 2015: l'inventario è stato realizzato con riferimento al database dei dati sul trasporto, serie storica 1990 – 2015, ed al programma di stima Copert 4 (versione 11.4).

In particolare, si è fatto cautelativamente riferimento alla categoria:

Tipo di veicolo	Mezzi pesanti
Categoria di veicoli	Diesel, 20-26 tonnellate
Tecnologia	HD Euro III standards

I fattori di emissione di inquinanti ricavati, quindi, sono:

Inquinante	Autostrada [g/km*veicolo]	Strada campestre [g/km*veicolo]	Strada urbana [g/km*veicolo]
CO	1.38	1.44	2.84
NMVOC	0.20	0.24	0.52
PM	0.11	0.13	0.26
NO _x	5.59	6.08	9.80

Si ritiene che l'intervento in progetto non possa produrre (da solo) effetti significativi sul clima visto il limitato numero di mezzi necessario all'esecuzione delle opere e l'allestimento di numerosi microcantieri, pertanto l'impatto è definito non rilevante e reversibile.

Interventi di mitigazione

Le attività di cantiere saranno svolte in archi temporali contenuti, pertanto l'impatto sulla componente atmosfera sarà circoscritto sia nello spazio che nel tempo e prevedibilmente interesserà unicamente l'area di cantiere ed il suo immediato intorno.

Emissioni di polveri

Il fenomeno di sollevamento di polveri, comunque, sarà ridotto con l'adozione di tecniche di efficacia dimostrata, affiancate da alcuni semplici accorgimenti e comportamenti di buon senso.

Per gli interventi di mitigazione dalla validità sperimentata e verificata si fa riferimento al "WRAP Fugitive Dust Handbook", edizione del 2006: si tratta di un prontuario realizzato da alcuni stati USA che fornisce indicazioni specifiche sull'inquinamento da polveri associato a diverse attività antropiche, riportando i possibili interventi di mitigazione e la loro relativa efficacia per ogni attività che genera emissioni diffuse. Gli interventi di mitigazione individuati possono essere suddivisi a seconda del fenomeno sul quale agiscono.

La tabella seguente riporta le azioni di mitigazione consigliate, suddivise per ciascun fenomeno sul quale vanno ad agire. Tali azioni potranno essere attuate anche durante le operazioni di manutenzione e di dismissione a fine vita della linea.

Il **piano bagnatura** – che sarà predisposto nelle successive fasi progettuali – dovrà dunque considerare con particolare attenzione:

- ✓ la frequenza di intervento in funzione delle condizioni meteorologiche (sospensione in presenza di pioggia, incremento in corrispondenza di prolungate siccità o in presenza di fenomeni anemologici particolarmente energici);
- ✓ aree di attività maggiormente prossime ai ricettori o localizzate sopravento rispetto agli assi;
- ✓ pulizia degli pneumatici per tutti i mezzi di cantiere che utilizzano la viabilità pubblica, con eventuali vasche/sistemi di lavaggio.

Emissioni di inquinanti dai mezzi di cantiere

Si suggeriscono le seguenti linee di condotta:

- ✓ Equipaggiamento e periodica manutenzione di macchine ed apparecchi con motore a combustione secondo le indicazioni del fabbricante.
- ✓ Nei cantieri saranno adottate anche le seguenti misure generali:
- ✓ Pianificazione ottimizzata delle attività lavorative;
- ✓ Informazione dei lavoratori su produzione, diffusione, effetti e riduzione di inquinanti atmosferici nei cantieri;
- ✓ Elaborazione di strategie in caso di eventi imprevisti.

L'impatto, pertanto, è da ritenersi non rilevante.

Impatti in fase di esercizio/fase di dismissione

In fase di esercizio, data la tipologia di intervento proposto, non si evidenziano criticità connesse al funzionamento delle opere in progetto per il comparto atmosfera aria e clima.

La fase di smantellamento delle opere a fine vita risulta di entità meno rilevante rispetto alla fase di realizzazione.

Quadro sintetico degli impatti

In fase di cantiere si sono evidenziate unicamente le possibili criticità derivanti dall'emissione di polveri, soprattutto in periodi di particolare ventosità e siccità, legata alla movimentazione del materiale di scavo ed al traffico dei mezzi. Tali impatti risultano di intensità contenuta e comunque mitigabili con opportune misure di riduzione dei fenomeni diffusivi.

In fase di esercizio non si evidenziano particolari criticità connesse al funzionamento delle opere in progetto. La fase di smantellamento a fine vita può generare impatti simili alla fase di cantiere, ma di entità meno rilevante.

L'impatto sulla componente acque, pertanto, è da ritenersi nel complesso non rilevante.

1.1.1.6 Sistema paesaggio: paesaggio, patrimonio culturale e beni materiali

1.1.1.6.1 Valutazione degli Impatti e Identificazione delle Misure di Mitigazione

Impatti in fase di cantiere

I cantieri base (aree centrali) – individuate in questa fase di progettazione in via preliminare – rispondono alle seguenti caratteristiche:

- ✓ destinazione preferenziale d'uso industriale o artigianale o, in assenza di tali aree in un intorno di qualche chilometro dal tracciato dell'elettrodotto, aree agricole;
- ✓ superficie complessiva compresa tra 5,000 e 10,000 m²;
- ✓ localizzazione lungo la viabilità principale e prossima all'asse del tracciato;
- ✓ morfologia del terreno pianeggiante, in alternativa sub-pianeggiante;
- ✓ assenza di vincoli ambientali, dove possibile;
- ✓ lontananza da possibili recettori sensibili quali scuole ed ospedali.

Gli impianti di illuminazione saranno limitati alla potenza strettamente necessaria e posizionati secondo la normativa vigente così da minimizzare l'inquinamento luminoso.

Le aree scelte hanno caratteristiche tali da non necessitare di interventi di mitigazione per ridurre la percezione, anche in virtù del carattere temporaneo e reversibile di tale occupazione.

Si sottolinea che la reale disponibilità di tali aree dovrà essere verificata in fase di progettazione esecutiva; inoltre, gli enti competenti, durante i tavoli di concertazione, possono suggerire posizioni alternative delle aree proposte in via preliminare.

L'area sostegno o microcantiere è l'area di lavoro che interessa direttamente il sostegno (traliccio / palo dell'elettrodotto) o le attività su di esso svolte, mentre l'area di linea è l'area interessata dalle attività di tesatura, di recupero dei conduttori esistenti ed attività complementari (quali la realizzazione di opere temporanee a protezione delle interferenze, la realizzazione delle vie di accesso alle diverse aree di lavoro, il taglio – solo se strettamente necessario – delle piante, ...).

L'accesso ai microcantieri potrà avvenire secondo le seguenti modalità:

- ✓ Viabilità esistente: in questo caso si prevede l'accesso alle aree di lavorazione dalla viabilità esistente (principale o secondaria). Si potrà presentare la necessità, da verificarsi in fase di progettazione esecutiva, di ripristinare localizzati tratti della viabilità esistente mediante circoscritte sistemazioni del fondo stradale o ripristini della massicciata per consentire il transito dei mezzi di cantiere.
- ✓ Aree / campi coltivati / aree a prato: in corrispondenza di tali aree – generalmente piane o poco acclivi, prive di ostacoli morfologici o naturali e di vegetazione naturale – non si prevede la realizzazione di piste di cantiere propriamente dette, ma semplicemente il costipamento del fondo attraverso il passaggio dei mezzi di cantiere ed il successivo ripristino, a chiusura del cantiere, dello stato originario dei luoghi.
- ✓ Piste di cantiere: solo se strettamente necessario saranno realizzate piste di cantiere larghe circa 3 m. Le piste saranno ripristinate appena terminate le lavorazioni, restituendo i luoghi interferiti allo stato originario.

Aree di cantiere dell'elettrodotto in cavo interrato

L'area di cantiere è costituita essenzialmente dalla trincea di posa del cavo che si estende progressivamente sull'intera lunghezza del percorso. Tale trincea sarà larga circa 0.7 m per una profondità tipica di 1.5 m circa, prevalentemente su sedime stradale. Le attività sono suddivise per tratta della lunghezza da 400 a 600 m, corrispondente alla pezzatura del cavo fornito, e la fascia di cantiere in condizioni normali ha una larghezza di circa 4 - 5 m. Le attività di scavo, di volta in volta, occuperanno uno sviluppo lineare di circa 50 m pari alla lunghezza di scavo, posa delle tubiere e reinterro che viene effettuata durante una giornata di lavoro.

Lo scavo relativo al cunicolo necessario per la posa in zona di massima pendenza sulla pendice ovest del lago del Flumendosa avrà una larghezza massima di 1.6 m.

Le principali attività previste sono di seguito riportate:

Attività preliminari

- ✓ tracciamento del percorso del cavo e delle buche giunti;
- ✓ saggi per verificare la corrispondenza dei sottoservizi;
- ✓ pianificazione delle 'tratte di posa' nelle quali si completano tutte le fasi operative dello scavo, posa e rinterro.

Esecuzione degli scavi

- ✓ taglio dell'eventuale strato di asfaltatura;
- ✓ scavo delle esatte dimensioni previste in progetto (0.70 m nei tratti di linea singola terna come quella in progetto); le pareti di scavo sono stabilizzate con opportune sbatacchiature.
- ✓ Il materiale da scavo sarà depositato temporaneamente presso l'area di cantiere e successivamente rinterrato negli scavi, previo accertamento durante la fase esecutiva dell'idoneità per il riutilizzo in sito. Nel caso i campionamenti restituiscano un esito negativo, il materiale da scavo sarà destinato ad idonea discarica con le modalità previste dalla normativa vigente ed i riporti saranno effettuati con materiale inerte di idonee caratteristiche.
- ✓ In condizioni normali gli scavi resteranno aperti fino alla completa posa di tutta la tratta (circa 400-500 m), mentre in caso di interferenza con passi carrai gli scavi saranno protetti con opportune piastre d'acciaio che consentono il passaggio dei mezzi ed in caso di attraversamenti stradali gli scavi saranno subito rinterrati dopo la posa delle tubazioni in pvc.

Posa del cavo

La posa del cavo, mediante "traino" tra due buche giunti successive, è effettuata per tratte della lunghezza da 400 a 600 m, corrispondenti alle pezzature contenute nelle bobine di trasporto, secondo la seguente procedura:

- ✓ posizionamento dell'argano e della bobina contenente il cavo agli opposti estremi della tratta;
- ✓ posizionamento dei rulli nella trincea;
- ✓ stendimento del cavo tramite fune traente.
- ✓ La fase è costantemente seguita dal personale dislocato lungo il tracciato nei punti critici (curvature, sottopassi, tubiere, ...).

Esecuzione delle giunzioni

- ✓ Le giunzioni sono realizzate al termine della posa di almeno due tratte consecutive:
- ✓ scavo della buca giunti;
- ✓ allestimento della copertura a protezione dagli agenti atmosferici;
- ✓ preparazione del cavo, taglio delle testate a misura;
- ✓ messa in continuità della parte conduttrice e via via di tutti gli stati componenti (isolante,

- ✓ schermatura, guaina);
- ✓ il giunto è chiuso con una muffola riempita di resine a protezione dagli agenti chimici e dall'umidità del terreno;
- ✓ realizzazione dei muretti di contenimento e separazione delle fasi a creare camere di contenimento del singolo giunto;
- ✓ le camere sono riempite con materiale di adeguata conducibilità termica e protette con piastre in c.a.v.

Rinterri e ripristini

I cavi posati in trincea sono ricoperti da cemento magro per uno strato di 0.5 m: a protezione dei cavidotti sono inserite delle piastre di protezione dello spessore di 60 mm in c.a.v.

Il cavidotto è segnalato posando una rete ed un nastro in PVC: la restante parte superiore della trincea sarà ricoperta con materiale inerte di risulta dello scavo (se idoneo) o altro materiale idoneo.

Negli scavi in sede stradale sarà ripristinato il manto di asfalto ed il tappetino d'usura. In caso i campionamenti eseguiti forniscano un esito negativo, il materiale scavato sarà destinato ad idonea discarica con le modalità previste dalla normativa vigente ed il riempimento sarà effettuato con materiale inerte di idonee caratteristiche.

Ripristino delle aree di cantiere e di microcantiere

Nelle aree di cantiere, al termine della fase esecutiva, sono previste le seguenti attività di ripristino ambientale:

- ✓ pulizia delle aree interferite, con asportazione di eventuali rifiuti e/o residui di lavorazione;
- ✓ sistemazione finale dell'area così da restituire i luoghi, per quanto possibile, all'originale destinazione d'uso (agricolo, prato, bosco).

Si precisa che tutti gli interventi sono subordinati al consenso del proprietario del terreno ed all'osservanza delle condizioni di sicurezza previste in fase di realizzazione e manutenzione dell'impianto.

L'operazione base nei ripristini è rappresentata dall'inerbimento mediante la tecnica dell'idrosemina che fornisce una prima copertura utile per la difesa del terreno dall'erosione e per attivare i processi pedogenetici del suolo, minimizzando la colonizzazione da parte di specie infestanti.

Le specie da mettere a dimora negli interventi di ripristino e di inserimento paesaggistico sono scelte riferendosi alle serie dinamiche della vegetazione ed alle caratteristiche pedologiche del distretto geografico interessato, quindi in base ai seguenti criteri:

- ✓ botanici e fitosociologici: le specie sono individuate tra quelle autoctone sia per questioni ecologiche che per la capacità di attecchimento, individuando specie con caratteristiche di specifica complementarità per creare associazioni vegetali ben equilibrate e stabili nel tempo;
- ✓ ecosistemici: le specie sono individuate in funzione della loro potenzialità di arricchimento della complessità biologica;
- ✓ agronomici ed economici: gli interventi sono calibrati in modo da contenere i lavori di realizzazione e le spese di manutenzione (potature, sfalci, irrigazioni, concimazione, diserbo).

Conclusioni in merito agli impatti in fase di cantiere

Le attività di cantiere producono alterazioni delle componenti strutturali del paesaggio e delle componenti visuali e percettive.

La sottrazione di suolo è temporanea e circoscritta alla fase di cantiere e, dopo la fase di costruzione, le aree impegnate dai cantieri sono ripristinate allo stato ante operam.

L'impatto sulla componente visuale e percettiva del paesaggio è determinato dall'inserimento sul territorio di elementi esterni che ne modificano la percezione: tale impatto – maggiore per i cantieri a ridosso delle viabilità principali – sarà comunque temporaneo perché limitato alla sola fase di realizzazione delle opere di progetto, infatti i luoghi interferiti saranno restituiti all'uso originario al termine dei lavori.

L'impatto sul paesaggio relativo alle fasi di cantiere, quindi, si può ritenere nel complesso poco significativo.

Impatti in fase di esercizio

Gli **impatti sul paesaggio** delle trasformazioni proposte – ai sensi del D. lgs. 42/2004 e del DPCM 12/12/2005 – sono stati valutati verificando la **sensibilità paesaggistica del sito** di inserimento e l'**incidenza paesaggistica** delle opere in progetto secondo la metodologia argomentata in Relazione Paesaggistica a cui si rimanda per i dettagli.

Di seguito si riporta l'applicazione metodologica al sito in esame:

Sensibilità paesaggistica del sito

Valutazione morfologico - strutturale

La valutazione paesaggistica morfologico - strutturale si basa sull'osservazione delle relazioni tra i nuovi manufatti e gli elementi di pregio del paesaggio sotto questo profilo specifico.

Le opere interessate dagli interventi si sviluppano su un territorio vasto, le cui caratteristiche possono essere semplificate in tre macro-aree:

✓ **Prima macro-area: dal Comune di Sanluri a quello di Mandas**

Le aree interessate dagli interventi hanno una morfologia che passa da sub-pianeggiante a leggermente mossa. Si tratta di territori agricoli destinati in prevalenza a seminativi non irrigui: si segnalano seminativi irrigui negli ambiti serviti dal Consorzio di Bonifica Sud Sardegna (tra Sanluri, Furtei e Villamar) e la presenza di pochi corsi d'acqua naturali e di alcuni canali artificiali funzionali all'attività agricola (alcuni segnalati a livello cartografico, ma poco evidenti nel sopralluogo in situ).

La vegetazione naturaliforme non è rigogliosa: si presenta sporadicamente a macchia di leopardo e lungo le sponde dei corsi d'acqua.

Nella zona di Villamar e Villanovafranca si segnala la presenza di coltivazioni più complesse, vigneti alternati ad uliveti e ad altre piante da frutto: qui la lottizzazione dei terreni agricoli è più fitta rispetto alla zona di Sanluri e Furtei dove i lotti di terreno sono vasti.

Tra Villanovafranca, Gesico ed Escolca il paesaggio è caratterizzato da piccole colline.

Il territorio presenta aree urbanizzate di piccole dimensioni, satelliti urbani collegati tra loro da arterie infrastrutturali di piccolo-medie dimensioni, mentre le campagne sono punteggiate da edifici agricoli sparsi. In comune di Gesico si segnala Monte San Mauro, sulla cui sommità sorge l'omonima chiesa. La zona, particolarmente panoramica, rientra nella Rete Natura 2000: la ZSC ITB042237 Monte San Mauro.

Si segnala anche la presenza dell'enclave di San Simone (comune di Escolca): area che ospita l'omonimo paesino rurale, oggi disabitato.

Il territorio presenta una costellazione di manufatti di pregio storico-architettonico appartenenti ad epoche storiche differenti: alcuni sono beni dichiarati di interesse culturale con decreto di vincolo, altri sono segnalati, censiti e tutelati dal Piano Paesaggistico Regionale e vincolati ai sensi del D. lgs 42/2004.

✓ **Seconda macro-area: dal Comune di Mandas al Comune di Orroli**

I territori diventano più mossi in questo tratto, in alcuni punti collinari.

Le zone urbanizzate si alzano di quota sviluppandosi di solito su aree emergenti: Serri, Nurri ed Orroli si estendono su terrazzi geomorfologicamente panoramici.

Si segnalano altipiani basaltici tra cui Monte Guzzini: a 743 m.s.l.m. si innalza al di sopra delle colline circostanti, facendo da spartiacque tra il bacino del Flumini Mannu e quello del Flumendosa. Il rilievo è caratterizzato da una superficie pianeggiante di circa 7 Km² con pendenze dallo 0 al 10% circondata da ripide scarpate, infatti la sezione superiore è costituita da colate basaltiche, mentre il territorio circostante è formato da depositi terrigeni meno resistenti al dilavamento.

Il territorio è punteggiato da manufatti di pregio storico-architettonico appartenenti ad epoche storiche differenti: alcuni sono beni dichiarati di interesse culturale con decreto di vincolo, altri sono segnalati, censiti e tutelati dal Piano Paesaggistico Regionale e vincolati ai sensi del D. lgs 42/2004.

✓ **Terza macro-area: i comuni di Orroli ed Esterzili**

La morfologia dell'area circostante l'invaso Flumendosa in oggetto è definita da rilievi con superfici pianeggianti intervallate da valli incise dall'idrografia recente nel basamento metamorfico.

Ad ovest del lago la geologia locale è caratterizzata dai basalti pliocenici che formano la Corona Arrubia, un rilievo debolmente inclinato che scende dal monte Pizziogu (761 m s.l.m., individuato come il principale centro eruttivo) da cui si sviluppa in senso radiale: i basalti formano un altipiano circondato da scarpate con pendenze elevate formatesi per erosione differenziale. Ad ovest l'altipiano è definito da un versante meno pendente caratterizzato da un reticolo idrografico dendritico che drena nel lago Mulargia.

Tra i comuni di Nurri e Orroli si segnala un edificio vulcanico di tipo "scudo islandese": la parte prossimale al centro di emissione è rappresentata da un piccolo cono di scorie sepolto dalle colate, mentre il cratere non è riconoscibile.

Ad est del lago Flumendosa la morfologia è descritta da una superficie costituita dal Tacco Sa Pruna, che fa parte di un altipiano – con quote da 650 a 550 m s.l.m. e costituito da dolomie giurassiche – delimitato dalle valli del Flumendosa ad ovest e del Fluminedu ad est.

Il territorio è punteggiato da manufatti di pregio storico-architettonico appartenenti ad epoche storiche differenti: alcuni sono beni dichiarati di interesse culturale con decreto di vincolo, altri sono segnalati, censiti e tutelati dal Piano Paesaggistico Regionale e vincolati ai sensi del D. lgs 42/2004.

Tra questi si segnala il sito Nuraghe Arrubiu, di particolare interesse turistico e ricettivo: il complesso si estende nel territorio di Orroli per 5000 m².

Valutazione vedutistica

Le opere interessate dagli interventi si sviluppano su un territorio vasto, le cui caratteristiche possono essere semplificate in tre macro-aree:

✓ **Prima macro-area: dal Comune di Sanluri a quello di Mandas**

Le aree di intervento hanno una morfologia da sub-pianeggiante a leggermente mossa. Le aree collinari con forme poco pronunciate e particolarmente arrotondate sono limitate, infatti nelle vicinanze soltanto da alcune colline, distanti circa 3-5 km, si aprono visuali sul territorio circostante in più direzioni: tra queste il più significativo è Monte San Mauro (infatti in sommità è presente un belvedere), designato anche come ZSC ITB042237 Monte San Mauro.

In comune di Furtei sono presenti emergenze collinari attraversati da percorsi di fruizione turistico-sportivi a media difficoltà.

Si evidenziano strade di interesse sovralocale quali la SS197, la SP42, la SP5 e la SP36.

✓ **Seconda macro-area: dal Comune di Mandas al Comune di Orroli**

Il territorio è più mosso rispetto alla macro-area precedente, in alcuni punti collinare. Gli abitati si alzano di quota e di solito si sviluppano su aree emergenti: Serri, Nurri ed Orroli si estendono su terrazzi geomorfologicamente panoramici. Le aree urbanizzate, predominanti rispetto al contesto più ampio, spesso presentano affacci e belvedere di interesse paesaggistico.

Un'attrattiva turistico-ricettiva e di valore panoramico è la ferrovia conosciuta come "Trenino Verde"; altre infrastrutture di particolare interesse sono la SS 198 e la SP 10, anche se trattasi di viabilità veloce.

L'ambito presenta l'altopiano basaltico di Monte Guzzini nel quale sono insediati alcuni parchi eolici.

✓ **Terza macro-area: i comuni di Orroli ed Esterzili**

I territori sono caratterizzati da altopiani basaltici circondati da scarpate con pendenze elevate formatesi per erosione differenziale: questa morfologia è particolarmente visibile dalla valle del Flumendosa dalla quale si osservano scarpate rocciose alte sino a 50 m che sovrastano il versante inciso dall'idrografia.

Il Lago Basso del Flumendosa rappresenta un'attrattiva sportiva e turistica: gli affacci sul lago sono apprezzabili da diversi camminamenti e percorsi panoramici; inoltre, si può attraversare l'invaso in battello poiché navigabile.

Si segnala il parco archeologico e botanico "De su Motti", raggiungibile dal centro storico di Orroli passando per la strada panoramica che sovrasta l'abitato.

Il territorio è attraversato, oltre che dal Trenino verde nell'abitato di Orroli, dalle SP 65 e SP 10 (che collega l'abitato di Orroli a quello di Escalaplano).

Valutazione simbolica

Le opere interessate dagli interventi si sviluppano su un territorio vasto, le cui caratteristiche possono essere semplificate in tre macro-aree:

✓ **Prima macro-area: dal Comune di Sanluri a quello di Mandas**

I territori di intervento presentano generalmente una buona valenza simbolica per la comunità insediata: siti di particolare valore simbolico sono il nucleo abitato di matrice agricola di San Simone (Enclave del Comune di Escolca) e Monte San Mauro con l'omonima area protetta.

Si segnalano anche alcuni elementi del paesaggio energetico contemporaneo che assumono valenza identitaria e simbolica il parco eolico che si estende tra Mandas e Gesico ed il nodo infrastrutturale energetico presente a Sanluri dove si intrecciano alcune delle principali reti elettriche RTN sarde (quali le linee elettriche Ittiri-Selargius, Villasor-Mogorella, Tuili-Villasor e Taloro-Villasor).

Il territorio è punteggiato da manufatti di pregio storico-architettonico appartenenti ad epoche storiche differenti: alcuni sono beni dichiarati di interesse culturale con decreto di vincolo, altri sono segnalati, censiti e tutelati dal Piano Paesaggistico Regionale e vincolati ai sensi del D. lgs 42/2004. Tali manufatti, caratterizzanti il patrimonio storico e culturale territoriale, sono spesso percepiti dalla comunità come elementi ad alto valore simbolico.

✓ **Seconda macro-area: dal Comune di Mandas al Comune di Orroli**

I territori di intervento presentano generalmente una buona valenza simbolica per la comunità insediata: particolare valore simbolico può essere attribuito all'area di Fiera di Santa Lucia nel comune di Serri ed a Monte Guzzini in comune di Nurri.

L'area di Monte Guzzini è elemento del paesaggio di forte identità non solo geomorfologica ma soprattutto funzionale poiché ospita un grande parco eolico che ormai parte del paesaggio consolidato di valore simbolico. Si segnala inoltre la presenza dell'esistente Stazione Elettrica di Nurri e delle linee elettriche RTN "Nurri Stazione-Samatzai Nk" e "Nurri Stazione-Isili" che definiscono il paesaggio energetico contemporaneo consolidato assumendo valore simbolico ed identitario.

Il territorio è punteggiato da manufatti di pregio storico-architettonico appartenenti ad epoche storiche differenti: alcuni sono beni dichiarati di interesse culturale con decreto di vincolo, altri sono segnalati, censiti e tutelati dal Piano Paesaggistico Regionale e vincolati ai sensi del D. lgs 42/2004. Tali manufatti, caratterizzanti il patrimonio storico e culturale territoriale, sono spesso percepiti dalla comunità come elementi ad alto valore simbolico.

✓ **Terza macro-area: i comuni di Orroli ed Esterzili**

L'ambito è caratterizzato dal bacino artificiale del Flumendosa che, oltre a contraddistinguere geomorfologicamente l'ambito, ha assunto un elevato valore identitario diventando attrazione e meta turistica.

Il territorio è punteggiato da manufatti di pregio storico-architettonico appartenenti ad epoche storiche differenti: alcuni sono beni dichiarati di interesse culturale con decreto di vincolo, altri sono segnalati, censiti e tutelati dal Piano Paesaggistico Regionale e vincolati ai sensi del D. lgs 42/2004. Tali manufatti, caratterizzanti il patrimonio storico e culturale territoriale, sono spesso percepiti dalla comunità come elementi ad alto valore simbolico: tra questi si rilevano Nuraghe Arrubiu (sito con valore simbolico sovralocale) ed il parco archeologico e botanico "De su Motti" ad Orroli.

Tra i comuni di Nurri e Orroli è presente un edificio vulcanico di tipo "scudo islandese", un elemento geomorfologico a valenza simbolica ed identitaria: la parte prossimale al centro di emissione è rappresentata da un piccolo cono di scorie sepolto dalle colate, mentre il cratere non è riconoscibile.

Incidenza del progetto - Elettrodotti aerei

Nel presente paragrafo è valutata l'incidenza degli elettrodotti aerei in progetto e in demolizione; nello specifico sono analizzate le seguenti opere:

- ✓ Elettrodotto aereo 380 kV ST "SE Sanluri - SE Nurri 2" - Nord;
- ✓ Elettrodotto aereo 380 kV ST "SE Sanluri - SE Nurri 2" - Sud;
- ✓ Raccordo aereo 380 kV ST "Ittiri - SE Sanluri";
- ✓ Raccordo aereo 380 kV ST "SE Sanluri - Selargius";
- ✓ Demolizione tratto di linea 380 kV ST "Ittiri - Selargius".

Incidenza morfologica e tipologica

Il progetto proposto non comporta modifiche alle forme naturali del paesaggio o al reticolo idrografico, sia naturale che artificiale: la tipologia dei manufatti non è compatibile con i caratteri naturali del luogo, tuttavia l'opera non risulta in netto contrasto con la situazione attuale del territorio esaminato, interessato infatti da linee elettriche aeree, stazioni elettriche ed elementi tipici del paesaggio contemporaneo dell'energia quali parchi eolici e fotovoltaici.

Le opere in progetto, inoltre, non interferiscono significativamente con aree boscate e non insistono su soprassuoli a bosco o pascolo percorsi dal fuoco.

Incidenza linguistica

L'opera non è coerente con i caratteri linguistici tradizionali del luogo pur non risultando in netto contrasto con lo stato attuale del territorio esaminato, interessato infatti da linee elettriche aeree, stazioni elettriche ed elementi tipici del paesaggio contemporaneo dell'energia quali parchi eolici e fotovoltaici.

Incidenza visiva

Gli elettrodotti aerei in progetto, costituiti da elementi emergenti dal terreno, produrranno un'interferenza visiva sul paesaggio, tuttavia l'ubicazione dei tracciati è stata scelta così da evitare gli elementi di maggior valore paesaggistico e le aree più fruite, infatti non si prevede ingombro delle visuali rilevanti o modifiche sostanziali nel profilo dell'orizzonte.

Le caratteristiche orografiche del territorio, inoltre, contribuiscono al naturale mascheramento delle opere in progetto. La visibilità delle linee elettriche varia in base alla posizione dell'osservatore.

La vegetazione esistente, dove presente, ha una funzione di quinta naturale mitigando l'impatto visivo.

Incidenza ambientale

Le linee elettriche in progetto non attraversano aree protette e/o tutelate o siti della Rete Natura 2000, pertanto l'incidenza ambientale delle opere è irrilevante.

Incidenza simbolica

Il progetto attraversa territori dove sono presenti luoghi cui la comunità attribuisce un alto valore simbolico quali il nucleo disabitato di San Simone (comune di Escolca), Monte Guzzini (Nurri), elemento di forte identità non solo geomorfologica ma soprattutto funzionale, il bacino artificiale del Flumendosa, che ha assunto un elevato valore identitario diventando attrazione e meta turistica, e Nuraghe Arrubiu, noto manufatto archeologico di elevato valore storico.

Le opere proposte, tuttavia, non creano perturbazioni tali da comprometterne il valore simbolico che rimane inalterato.

Incidenza del progetto – Elettrodotto interrato

Nel presente paragrafo è valutata l'incidenza dell'elettrodotto interrato appartenente alle opere di utenza: Elettrodotto 380 kV in cavo interrato "SE Nurri 2 - SU Taccu Sa Pruna"

Incidenza morfologica e tipologica

L'analisi del progetto proposto evidenzia che l'intervento non comporta modifiche alle forme naturali del paesaggio o al reticolo idrografico, sia naturale che artificiale.

La realizzazione di 200 m circa di pista di cantiere fino a bordo lago, dove sarà realizzato l'attraversamento dell'invaso con posa di un cavo sub-lacuale fino alla sponda ovest in comune di Nurri, creerà delle modeste perturbazioni che saranno immediatamente ripristinate una volta terminati i lavori di scavo.

La risalita verso il versante sarà realizzata tramite una posa in cunicolo, fino a portarsi in quota ed accedere alla strada esistente proseguendo in cavo fino all'area di transizione aereo-cavo posto nel comune di Orroli.

Lo scavo relativo al "cunicolo" – necessario per la posa in zona di massima pendenza sulla pendice ovest del lago – avrà una larghezza massima di 1.6 m e renderà necessario un taglio dell'impianto vegetazionale, comunque, al termine delle attività di cantiere, le aree interferite saranno ripristinate e sarà effettuato il reimpianto vegetativo con specie autoctone compatibili con il contesto così da restituire i luoghi allo stato originario.

Il restante sviluppo del cavo interrato interesserà il sedime di strade esistenti (e/o le loro fasce di pertinenza) ad esclusione di due tratti che saranno realizzati inTOC.

Incidenza linguistica

L'intervento non è coerente con i caratteri linguistici tradizionali del luogo, ma, trattandosi di opere in cavo interrato realizzate quindi in ipogeo, non saranno percepibili modifiche ai caratteri linguistici del sito una volta terminati i lavori e ripristinato lo stato dei luoghi a regola d'arte.

Incidenza visiva

Le opere in progetto non produrranno un'interferenza visiva in quanto, realizzate in ipogeo, non saranno percepibili in superficie. Le momentanee perturbazioni delle aree in fase di cantiere, inoltre, saranno risolte con il ripristino allo stato originario dei luoghi al termine delle operazioni di scavo.

Incidenza ambientale

Le linee elettriche in progetto non attraversano aree protette e/o tutelate o siti della Rete Natura 2000, pertanto l'incidenza ambientale delle opere è irrilevante.

Incidenza simbolica

Il progetto attraversa territori in cui sono presenti luoghi cui la comunità attribuisce un alto valore simbolico, come il bacino artificiale del Flumendosa – che ha assunto un elevato valore identitario diventando attrazione e meta turistica – ed il vicino manufatto archeologico noto come Nuraghe Arrubiu, tuttavia le opere non creano perturbazioni tali da comprometterne il valore simbolico che rimane inalterato.

Incidenza del progetto – Cavo sublacuale

Nel presente paragrafo è valutata l'incidenza del cavo sublacuale appartenente alle opere di utenza: Elettrodotto 380 kV in cavo sublacuale "SE Nurri 2 - SU Taccu Sa Pruna".

Incidenza morfologica e tipologica

Il cavo sub-lacuale sarà posato sul fondo del lago avendo cura di evitare perturbazioni e movimentazioni che possano influire sulle caratteristiche morfologiche del sito.

Incidenza linguistica

L'opera non è coerente con i caratteri linguistici tradizionali del luogo, ma, trattandosi di un manufatto posizionato sul fondale del lago e quindi non percepibile in superficie, l'incidenza linguistica dell'opera risulta comunque poco significativa.

Incidenza visiva

Le opere in progetto non comporteranno un'interferenza visiva poiché, posati sul fondo del lago, non saranno visibili: l'incidenza visiva delle opere, pertanto, è irrilevante.

Incidenza ambientale

Le linee elettriche in progetto non attraversano aree protette e/o tutelate o siti della Rete Natura 2000, pertanto l'incidenza ambientale delle opere è irrilevante.

Incidenza simbolica

Il progetto attraversa territori in cui sono presenti luoghi cui la comunità attribuisce un alto valore simbolico, come il bacino artificiale del Flumendosa che ha assunto un elevato valore identitario diventando attrazione e meta turistica, tuttavia le opere non creano perturbazioni tali da comprometterne il valore simbolico che rimane inalterato.

Incidenza del progetto – Stazioni elettriche

Nel presente paragrafo è valutata l'incidenza delle stazioni elettriche e dell'area di transizione aereo-cavo in progetto; nello specifico sono analizzate le seguenti opere:

- ✓ Stazione Elettrica 380/150 kV "SE Sanluri" ed opere civili;
- ✓ Stazione Elettrica 380/150 kV "Nurri 2" ed opere civili;

Incidenza morfologica e tipologica

L'ubicazione di una SE a 380 kV è subordinata all'individuazione di aree idonee alla collocazione dell'impianto in termini sia tecnici che ambientali e paesaggistici.

L'area di progetto deve presentare i requisiti dimensionali ed infrastrutturali idonei ad ospitare l'impianto, tali da minimizzare la realizzazione di piste di cantiere, strade di accesso e sbancamenti e, di conseguenza, il carico ambientale ed il consumo di suolo.

Le nuove SE in progetto saranno realizzate con la tecnica scavo riporto, che riutilizza in sito il materiale escavato per adattare i riempimenti all'orografia del terreno. La realizzazione di scarpate intorno all'area stazione, inoltre, favorisce la mitigazione visiva del manufatto, il cui inserimento paesaggistico può essere ulteriormente migliorato con l'impianto di vegetazione autoctona e tipica del luogo.

Incidenza linguistica

Le opere non sono coerenti con i caratteri linguistici tradizionali del luogo anche se la scelta di materiali, colori e soluzioni architettoniche dei manufatti civili interni alla SE contribuisce al miglior inserimento paesaggistico dell'opera: l'eventuale utilizzo di un rivestimento in pietra locale per i manufatti civili compresi nelle SE e nell'area di transizione aereo/cavo può migliorarne l'inserimento nel contesto paesaggistico.

Incidenza visiva

In fase di SIA e di PTO sono state previste opere di mitigazione ambientale per minimizzare l'incidenza visiva delle opere, in particolare l'utilizzazione di materiali, colori e soluzioni architettoniche dei manufatti civili interni alla SE coerenti con il contesto dei luoghi e la realizzazione di fasce lungo il perimetro delle nuove Stazioni Elettriche con vegetazione disposta secondo schemi quanto più possibili naturaliformi (impiegando specie che faranno riferimento a stadi della serie dinamica della vegetazione potenziale dei siti di intervento, quindi ecologicamente coerenti e tipiche dei contesti locali).

Incidenza ambientale

Le opere in progetto non attraversano aree protette e/o tutelate o siti della Rete Natura 2000, pertanto l'incidenza ambientale delle opere è irrilevante.

Incidenza simbolica

Le opere non creano perturbazioni tali da compromettere il valore simbolico degli elementi caratterizzanti il territorio circostante.

Impatti sul paesaggio delle trasformazioni proposte

L'impatto del progetto sul paesaggio è stato valutato per alcuni punti di attenzione rappresentativi del territorio di analisi che coincidono con gli ambiti vincolati ai sensi del D. lgs. 42/2004 e/o con elementi di particolare interesse/valore paesaggistico o caratterizzanti il grado di fruizione del paesaggio, in particolare:

- ✓ nuclei abitati o frazioni prospicienti le aree interessate dal progetto o situati in zone dalle quali le nuove infrastrutture siano maggiormente visibili;
- ✓ strade a media o elevata percorrenza (strade provinciali e strade statali) lungo le quali il guidatore di passaggio incrocia nel proprio "cono di vista" l'opera in progetto;
- ✓ punti panoramici di consolidato valore paesaggistico o punti noti simbolicamente rilevanti.

Di seguito sono riportati i punti di attenzione scelti con le relative codifica ed ubicazione:

Identificativo punto	Coordinate	Comune	Descrizione
PV01	E: 493859 N: 4381790	Sanluri	Bosco e corso d'acqua Riu Sassuni
PV02	E: 495423 N: 4381472	Furtei	Strada Statale 197
PV03	E: 500758 N: 4385153	Villamar	Strada comunale Villamar Gesico
PV04	E: 504925 N: 4389349	Escolca	San Simone
PV05	E: 507575 N: 4389199	Mandas	Parco eolico
PV06	E: 512637 N: 4394852	Serri	Punto panoramico
PV07	E: 514880 N: 43949	Serri	Strada Statale 198
PV08	E: 517805 N: 4396136	Nurri	Chiesa Sant'Antonio
PV09	E: 520068 N: 4395070	Nurri	Strada provinciale 10
PV10	E: 515509 N: 4397873	Nurri	Strada vicinale Carritroxu
PV11	E: 522850 N: 4392874	Orroli	Strada vicinale Funtana Spidu

L'impatto paesaggistico, di ciascun punto di attenzione, è stato valutato in sede di SIA con una specifica scheda monografica.

In risposta alla richiesta degli Enti Competenti è stata accolta la richiesta di interrimento parziale delle linee aeree ed è stata effettuata una variante progettuale che prevede l'interrimento su sedime di strade esistenti di tutta la linea di utenza. Di seguito si riportano le sintesi delle valutazioni complessive di tali modifiche. Non sarà più realizzata la stazione di transizione aereo/cavo prevista in Comune di Orroli poiché non più necessaria.

Valutazione dell'impatto paesaggistico del progetto

Nei paragrafi precedenti è stato analizzato l'impatto paesaggistico del progetto, costituito dai seguenti interventi:

- ✓ Elettrodotti aerei
 - Elettrodotto aereo 380 kV ST "SE Sanluri - SE Nurri 2" - Nord
 - Elettrodotto aereo 380 kV ST "SE Sanluri - SE Nurri 2" – Sud
 - Raccordo aereo 380 kV ST "Ittiri - SE Sanluri"
 - Raccordo aereo 380 kV ST "SE Sanluri - Selargius"
 - Demolizione tratto di linea 380 kV ST "Ittiri - Selargius"
- ✓ Elettrodotto in cavo interrato
 - Elettrodotto 380 kV in cavo sublacuale "SE Nurri 2 - SU Taccu Sa Pruna"
- ✓ Elettrodotto in cavo sublacuale
 - Elettrodotto 380 kV in cavo sublacuale "SE Nurri 2 - SU Taccu Sa Pruna"
- ✓ Stazioni elettriche
 - Stazione Elettrica 380/150 kV "SE Sanluri" ed opere civili
 - Stazione Elettrica 380/150 kV "Nurri 2" ed opere civili

Tale valutazione è stata effettuata, applicando la metodologia proposta, per ogni punto visuale nelle specifiche schede monografiche.

Di seguito si riportano i risultati della valutazione di impatto paesaggistico del progetto sui punti di attenzione individuati, corrispondenti alle aree maggiormente sensibili in termini paesaggistici del territorio di analisi (quei luoghi maggiormente fruiti dalla comunità, locale e non, poiché ubicati lungo percorsi panoramici e/o a più elevata percorrenza).

A seguito della sopracitata variante, gli impatti visivi delle opere di connessione della rete di utenza realizzati in cavo, che interessano i comuni di Orroli e Nurri, sono da considerarsi nulli pertanto di seguito si riporta la tabella di valutazione di Impatto Paesistico aggiornata.

Riducendo il grado di incidenza del progetto per i seguenti PV si ha la conseguente riduzione del relativo impatto paesistico:

Identificativo	Coordinate	Comune	Descrizione	Grado di	Grado di incidenza	Impatto
PV01	E: 493859 N: 4381790	Sanluri	Bosco e corso d'acqua Riu Sassuni	3	4	12
PV02	E: 495423 N: 4381472	Furtei	Strada Statale 197	3	4	12
PV03	E: 500758 N: 4385153	Villamar	Strada comunale Villamar Gesico	3	5	15
PV04	E: 504925 N: 4389349	Escolca	San Simone	3	4	12
PV05	E: 507575 N: 4389199	Mandas	Parco eolico	3	4	12
PV06	E: 512637 N: 4394852	Serri	Punto panoramico	3	3	9
PV07	E: 514880 N: 43949	Serri	Strada Statale 198	3	4	12

Identificativo	Coordinate	Comune	Descrizione	Grado di	Grado di incidenza	Impatto
PV08	E: 517805 N: 4396136	Nurri	Chiesa Sant'Antonio	4	1	4
PV09	E: 520068 N: 4395070	Nurri	Strada provinciale 10	3	2	6
PV10	E: 515509 N: 4397873	Nurri	Strada vicinale Carritroxiu	3	4	12
PV11	E: 522850 N: 4392874	Orroli	Strada vicinale Funtana Spidu	5	1	5
Valori medi totali				3	3	10
Soglia di rilevanza: 5 Soglia di tolleranza: 16 Da 1 a 4: impatto paesistico sotto la soglia di rilevanza; Da 5 a 15: impatto paesistico sopra la soglia di rilevanza ma sotto la soglia di tolleranza; Da 16 a 25: impatto paesistico sopra la soglia di tolleranza.						

L'impatto paesaggistico del progetto risulta sotto la soglia di tolleranza (16) in tutti i PV esaminati, pertanto l'intervento risulta compatibile con la natura e la valenza paesaggistica dei luoghi interessati dalle opere: in particolare, risulta non rilevante per gli elettrodotti in cavo interrato ed in cavo sublacuale e significativo per gli elettrodotti aerei e le stazioni elettriche.

Tali livelli di impatto, tuttavia, non considerano le misure di mitigazione già messe in atto in fase progettuale che rendono compatibile l'intervento con il contesto paesaggistico:

- la scelta di un tracciato, oltre che tecnicamente fattibile, paesaggisticamente accettabile, quindi tale da non influire direttamente su elementi ad elevata sensibilità (monumenti storici, punti panoramici di rilevanza consolidata, ...) e da discostarsi il più possibile dagli elementi del paesaggio a maggior valenza e dalle aree maggiormente fruite (soprattutto nuclei abitati e strade ad elevata percorrenza);
- l'utilizzo di tralicci a struttura reticolare verniciati con un colore neutro in particolare nella parte alta;
- l'utilizzo di forme, materiali e colori per le centrali elettriche che richiamano le strutture esistenti sul territorio circostante.

Come anticipato, a seguito della sopracitata variante, gli impatti visivi delle opere di connessione della rete di utenza realizzati in cavo, che interessano i comuni di Orroli e Nurri, sono da considerarsi nulli.

Si segnala che a seguito della variante effettuata sono state aggiornate le fotosimulazioni redatte in sede di SIA. Per i dettagli in merito si rimanda a "Appendice D - fotosimulazioni".

1.1.1.7 RUMORE

1.1.1.7.1 Valutazione degli Impatti e Identificazione delle Misure di Mitigazione

Impatti in fase di cantiere

L'impatto del rumore in fase di cantiere sarà principalmente legato alle seguenti fonti:

- ✓ Mezzi di trasporto lungo la viabilità principale per il trasporto del materiale e dei mezzi ai cantieri base;
- ✓ Eventuale utilizzo dell'elicottero nelle fasi di montaggio e tesatura della linea;
- ✓ Montaggio e smontaggio dei sostegni;
- ✓ Esecuzione degli scavi delle fondazioni per i sostegni e la stazione elettrica;
- ✓ Esecuzione delle trincee per la posa dei cavi interrati.

Tali lavorazioni saranno di brevissima durata (al massimo 2/3 settimane per ciascun sostegno di lavoro continuo per un massimo di un mese e mezzo per ogni sostegno comprensivo pertanto dei periodi di pausa per la maturazione dei getti), pertanto non apporteranno un significativo impatto negativo sulla componente.

La tabella che segue riepiloga la struttura del cantiere tipo, le attività svolte presso ogni area, le relative durate ed i rispettivi macchinari utilizzati con l'indicazione della loro contemporaneità di funzionamento presso la stessa area di lavoro. Si specifica che sono indicati i macchinari utilizzati direttamente nel ciclo produttivo, mentre non vengono segnalati gli automezzi in dotazione per il trasporto del personale che, presso le aree di lavoro, restano inutilizzati.

AREA CENTRALE O CAMPO BASE

Area di cantiere	Attività svolte	Macchinari/Automezzi	Durata	Contemporaneità macchinari/automezzi in funzione
Area centrale o Campo base	Carico/scarico materiali e attrezzature Movimentazione materiali e attrezzature Formazione colli e pre-montaggio di parti strutturali	Autocarro con gru Autogru Carrello elevatore Compressore/generatore	Tutta la durata dei lavori	I macchinari/automezzi sono utilizzati singolarmente a fasi alterne, mentre la contemporaneità massima di funzionamento è prevista in ca. 2 ore/giorno

AREE ELETTRODOTTO AEREO E STAZIONE ELETTRICA

Area di cantiere	Attività svolte	Macchinari/Automezzi	Durata media attività-ore/gg di funzionamento macchinari	Contemporaneità macchinari/automezzi in funzione	
Aree sostegno	Attività preliminari: tracciamenti, recinzioni, spianamento, pulizia		1 g	-	
	Movimenti terra, scavo di fondazione	Escavatore, generatore per pompe acqua (eventuale)	2 gg -6 ore	-	
	Montaggio tronco base del sostegno	Autocarro con gru (oppure autogru o similare), autobetoniera, generatore	3 gg -2 ore	-	
	Casseratura e armatura di fondazione		1 g -2 ore	-	
	Getto calcestruzzo di fondazione		1 g -5 ore	-	
	Disarmo		1 g	-	
	Rinterro scavi, posa impianto di messa a terra	Escavatore	1 g continuativa	-	
	Montaggio a piè d'opera del sostegno	Autocarro con gru (o autogru o simile)	4 gg -6 ore	-	
	Montaggio in opera del sostegno		Autocarro con gru	4 gg -1 ore	-
			Autogru o argano di sollevamento	3 gg -4 ore	
Movimentazione conduttori	Autocarro con gru (o autogru o simile), argano di manovra	2 gg -2 ore	-		
Aree di linea	Stendimento conduttori/recupero conduttori esistenti	Argano/freno	8 gg -4 ore	Contemporaneità massima di funzionamento prevista in 2 ore/giorno	
		Autocarro con gru (o autogru o simile)	8 gg -2 ore		
		Argano di manovra	8 gg -1 ore		
	Lavori in genere afferenti la tesatura: ormeggi, giunzioni, movimentazione conduttori varie	Autocarro con gru (o autogru o simili)	2 gg -2 ore	-	
		Argano di manovra	2 gg -1 ore		
	Realizzazione opere provvisoriale di protezione e loro ripiegamento	Autocarro con gru (o autogru o simile)	1 g -4 ore	-	
	Escavatore	1 g -4 ore	-		

	Sistemazione/spianamento aree di lavoro/realizzazione vie di accesso	Autocarro	1 g -1 ore	
--	--	-----------	------------	--

AREA ELETTRODOTTO IN CAVO

	Attività svolta	Macchinari e automezzi	Durata media attività – ore/gg di funzionamento macchinari	Contemporaneità macchinari/automezzi in funzione
Area cavo interrato	Attività preliminari: tracciamenti, recinzioni e pulizia		1 g	
	Scavo trincea	Escavatore, eventuali elettropompe e demolitori, autocarro	20 gg	
	Microtunneling (eventuale)	Fresa, martinetti idraulici ed eventuali elettropompe	10 m/gg	
	Trivellazione Orizzontale Controllata	Trivella ed eventuale elettropompe	30 m/gg per ogni fase	
	Posa cavo	Argano Autogru/autocarro	3 gg 1 g - 2 ore	
	Reinterro	Escavatore, autocarro	5 gg	
	Esecuzioni giunzioni	Escavatore Eventuali elettropompe, Gruppo elettrogeno	2 gg -4 ore 5 gg	

Si riporta, inoltre, l'elenco degli automezzi e dei macchinari/mezzi d'opera utilizzati solitamente nel ciclo produttivo.

TIPOLOGIA	QUANTITÀ
Autocarro/autocarro con gru	2
Autobetoniera	1
Autogru	2
Sollevatore telescopico	1
Trattore/dumper	2
Autoveicolo promiscuo tipo pick-up	2
Autoveicolo promiscuo tipo Daily	2
Escavatore	2
Pala meccanica	1
Tensionatore A/F	2
Argano di manovra	2
Compressore	2
Generatore	2

Trivellatrici per pali di fondazione ¹	1
---	---

L'operazione di trasporto dei materiali ed il funzionamento delle principali attrezzature di cantiere producono rumore, tuttavia si tratta di attività temporanee e di breve durata (al massimo quattro giorni per le aree di microcantiere) e mai contemporanee su piazzole adiacenti così da evitare sovrapposizioni.

Al montaggio del sostegno, invece, sono associate interferenze trascurabili con il contesto.

Nella tabella seguente si riportano i livelli di pressione sonora di letteratura emessi dai principali macchinari e mezzi d'opera di un cantiere in esercizio.

MACCHINARI E MEZZI D'OPERA	LIVELLI SONORI MIN- MAX E TIPICI A 15.2 m
Autocarri	83-93 88 dB(A)
Betoniere	75-88 85 dB(A)
Caricatori, dumper	72-84 84 dB(A)
Compressori	75-87 81 dB(A)
Escavatori	72-93 85 dB(A)
Generatori	72-88 81 dB(A)
Gru semoventi	76-87 83 dB(A)
Gru (derrick)	86-88 88 dB(A)
Imbollunatrici	84-88 85 dB(A)
Macchine trivellatrici	96-107 96 dB(A)
Martelli pneumatici	84-88 85 dB(A)
Pavimentatrici	86-96 89 dB(A)
Pompe	68-72 71 dB(A)
Rullo compressore	73-74 74 dB(A)
Ruspe, livellatrici	80-93 85 dB(A)
Trattori	76-96 85 dB(A)

I dati contenuti nella tabella precedente vengono di seguito implementati con i livelli acustici misurati, nel corso di indagini fotometriche, in cantieri simili a quelli di progetto, afferenti alle specifiche lavorazioni di realizzazione di micropali e di fondazioni:

ATTIVITÀ	DURATA DELL'ATTIVITÀ	LIVELLO EQUIVALENTE MISURATO (dBA)
Lavorazioni micropali	Circa 3 ore	70
Lavorazioni fondazioni	8 ore	61

Le emissioni acustiche prodotte presso ogni microcantiere, la cui durata media è di circa un mese e mezzo compresi i tempi di inattività, possono essere così dettagliate:

¹ Solo dove previsti

DURATA	ATTIVITÀ	ASSENZA/PRESENZA DI RUMORE	EVENTUALE USO ELICOTTERO
1 g	Predisposizione area (taglio piante)	Presenza	-
2-3 gg	Scavi	Presenza	Elicottero trasporto materiali
7-10 gg	Trivellazioni	Presenza	-
1-2 gg	Posa barre, iniezione malta	-	Elicottero trasporto barre e malta
7 gg	Maturazione iniezioni, prova su un micropalo	-	-
1 g	Prove su un micropalo/tirante	-	-
1 g	Montaggio base sostegno	-	Elicottero trasporto carpenteria
1 g	Montaggio gabbie di armature	-	Elicottero trasporto gabbie
1 g	Getto fondazione	-	Elicottero trasporto calcestruzzo
7-15 gg	Maturazione calcestruzzo	-	-
5-7 gg	Montaggio sostegno	-	Elicottero trasporto carpenteria

La stima riportata si riferisce ad un sostegno 380 kV con medie difficoltà di accesso: i tempi possono ridursi per aree di cantiere accessibili e per la costruzione di linee a tensione minore. Si specifica inoltre che:

- ✓ Le operazioni che prevedono la maggior emissione di rumore all'interno di ciascun microcantiere hanno durata non superiore a circa 2-3 giorni (realizzazione delle fondazioni per le nuove linee aeree e demolizione dei sostegni per le vecchie linee in dismissione);
- ✓ I lavori di realizzazione dei cavi interrati producono emissioni di rumore paragonabili a quelle dei microcantieri per le linee aeree, sia per la durata che per i mezzi utilizzati, ma, trattandosi di cantieri mobili, le perturbazioni non insistono mai sulla stessa area per più di pochi giorni;
- ✓ L'utilizzo dell'elicottero è limitato, nei casi più gravosi, a circa 6 ore per ciascun microcantiere, suddivise indicativamente in voli della durata media di 2-3 minuti;
- ✓ La durata media dei lavori di realizzazione della stazione elettrica è di qualche mese, ma le operazioni di massima rumorosità si concentreranno nel primo mese (fase di site preparation).

Per quanto riguarda l'utilizzo dell'elicottero, sono disponibili livelli acustici misurati da indagini fonometriche eseguite in cantieri simili a quelli di progetto. Si specifica che il valore considerato è già particolarmente cautelativo, in quanto l'elicottero Erickson viene utilizzato per il trasporto di interi sostegni montati e non per il solo trasporto dei materiali, pertanto si può affermare, con ragionevole certezza, che tale valore sia superiore alla rumorosità prodotta da un elicottero standard.

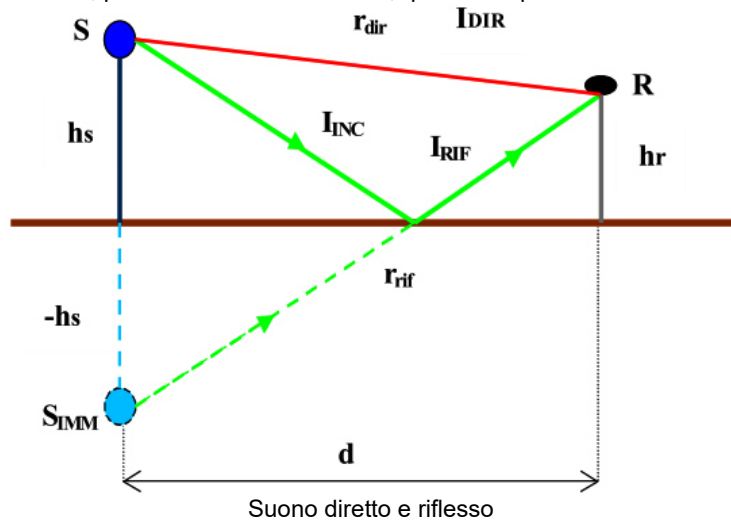
ELICOTTERO	ATTIVITÀ	DURATA DELL'ATTIVITÀ	DISTANZA DAL PUNTO DI MISURE	LIVELLO EQUIVALENTE MISURATO (dBA)
Erickson	Montaggio sostegno	Circa 5 minuti	100 metri	88
		Circa 30 minuti	Da 280 metri a 1230 metri	83

L'interferenza delle opere con i potenziali recettori sensibili presenti sul territorio è stata valutata, cautelativamente, calcolando la distanza alla quale in corrispondenza del potenziale ricevitore si registra un valore di livello acustico pari a **45 dB (valore limite di emissione diurno per la Classe I – Aree particolarmente protette)**.

Di seguito sono riportate delle nozioni teoriche ed i calcoli eseguiti per il calcolo di tale distanza, applicabili alle aree di cantiere base ed alle aree di microcantiere in fase di costruzione e di demolizione.

Il suono emesso da una sorgente puntiforme si propaga con un fronte d'onda sferico. Se la sorgente è puntiforme e la propagazione avviene in campo libero, l'energia che si propaga resta in prima approssimazione costante, mentre la densità sonora diminuisce e si distribuisce su una superficie sempre maggiore con un'attenuazione di 6 dB per ogni raddoppio di distanza.

Nella realtà il campo di propagazione non è mai completamente libero, ma si ha una serie di fattori che aumentano o diminuiscono il livello sonoro, primo fra tutti il terreno che, quando colpita da un'onda sonora, la riflette.



Il livello sonoro che arriva al ricevitore, quindi, è dato dalla somma del livello diretto (L_{DIR}) e del livello riflesso (L_{RIF}).

$$L_{DIR} = L_w + 10 \log \frac{Q_{DIR}}{4 \pi r_{DIR}^2}$$

$$L_{RIF} = L_w + 10 \log \frac{Q_{RIF}(1 - \alpha)}{4 \pi r_{RIF}^2}$$

dove:

- ✓ L_w : livello di potenza della sorgente;
- ✓ Q_{DIR} e Q_{RIF} : coefficienti di direttività (se entrambi sono uguali a 1 si ha una sorgente omnidirezionale);
- ✓ α : coefficiente acustico del terreno, dove $\alpha > 0$ poiché il terreno porta ad una perdita di energia;
- ✓ r_{DIR} e r_{RIF} : funzione di d distanza in pianta tra la sorgente e il ricevitore, di h_s altezza della sorgente e di h_r altezza del ricevitore.

$$r_{DIR} = \sqrt{d^2 + (h_s - h_r)^2}$$

$$r_{RIF} = \sqrt{d^2 + (h_s + h_r)^2}$$

Per sommare i due livelli sonori L_{DIR} e L_{RIF} occorre determinare se la sorgente è coerente o incoerente. Nel caso delle sorgenti incoerenti si ha la somma dei due livelli:

$$L_{TOT} = 10 \log \left(10^{L_{DIR}/10} + 10^{L_{RIF}/10} \right)$$

Definito il livello sonoro totale, è opportuno tenere conto dei fenomeni di attenuazione:

- A₁: assorbimento del mezzo di propagazione;
- A₂: presenza di precipitazioni (pioggia, neve o nebbia);
- A₃: presenza di gradienti di temperatura nel mezzo e/o di turbolenza (vento);
- A₄: assorbimento dovuto alle caratteristiche del terreno ed alla eventuale presenza di vegetazione;
- A₅: presenza di barriere naturali o artificiali.

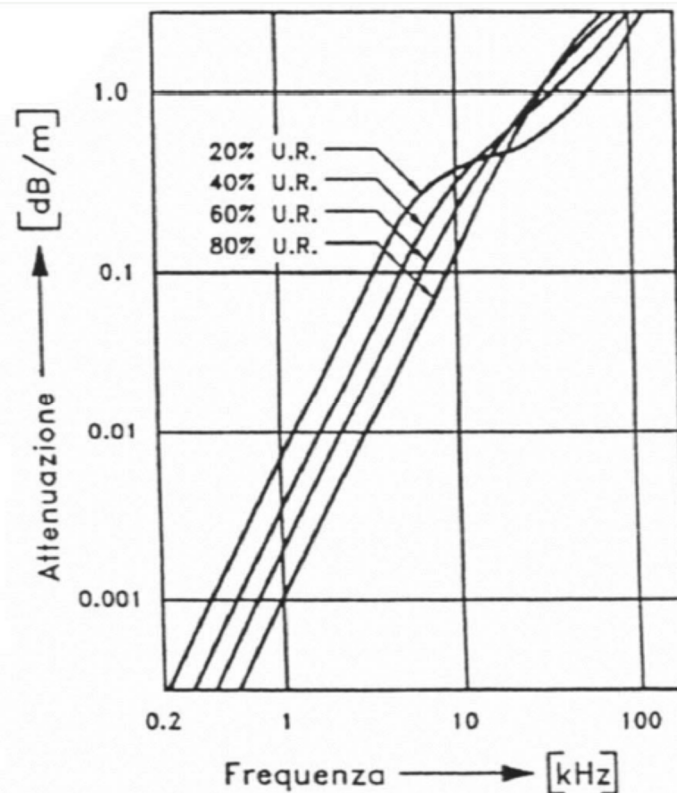
$$A = A_1 + A_2 + A_3 + A_4 + A_5$$

A1 – Assorbimento del mezzo di propagazione

L'assorbimento è causato essenzialmente da due processi:

- ✓ dissipazione dell'energia dell'onda sonora per effetto della trasmissione di calore (diffusività termica) e per la viscosità dell'aria (di reale importanza solo per frequenze e temperature elevate);
- ✓ dissipazione per effetto dei movimenti rotazionali e vibrazionali che assumono le molecole di ossigeno e di azoto dell'aria sotto le azioni di compressione e rarefazione (dipendenza, oltre che dalla frequenza del suono, dalla temperatura e dall'umidità relativa dell'aria), che costituisce il contributo principale.

Il grafico seguente mostra che l'attenuazione aumenta con la frequenza e dipende da temperatura e umidità e che l'attenuazione aumenta, a temperature elevate, al diminuire dell'umidità relativa:



A2 – Presenza di pioggia, neve o nebbia

Il gradiente di temperatura dell'aria o di velocità del vento (lungo la verticale rispetto al terreno) tende a essere modesto durante la pioggia, facilitando la trasmissione del suono rispetto ad una giornata fortemente soleggiata quando le disomogeneità micro meteorologiche possono essere significative, pertanto una corretta valutazione del fenomeno deve ricondursi a questa disomogeneità.

Inoltre, il rumore di fondo diminuisce sensibilmente in giornate di pioggia, nebbia o neve a causa della diminuzione del traffico veicolare.

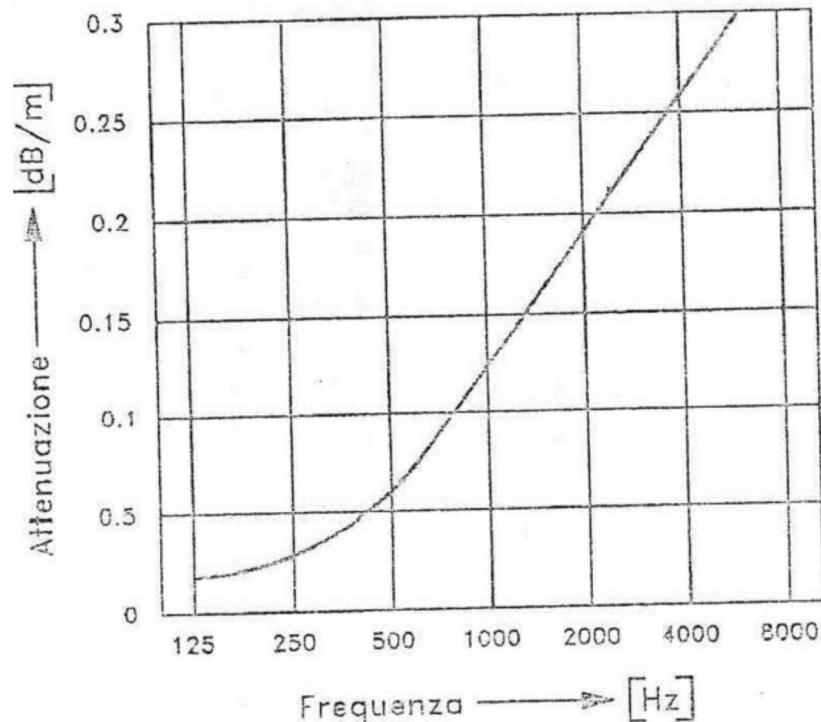
A3 – Presenza di gradienti di temperatura e/o turbolenza

- ✓ Effetto della temperatura: la velocità del suono è direttamente proporzionale alla temperatura, pertanto una variazione della temperatura comporta una variazione del raggio sonoro, che sarà soggetto a fenomeni di rifrazione così il percorso dell'onda sonora seguirà una traiettoria curvilinea.
- ✓ Effetto del vento: la velocità di propagazione del suono può essere favorita o sfavorita dal gradiente verticale di velocità del vento, infatti la velocità della perturbazione in ogni punto della superficie d'onda sarà data dalla somma vettoriale della velocità di propagazione in aria calma e della velocità del vento in quel punto. Nel caso di un gradiente verticale positivo del vento (la sua velocità aumenta con la quota conservando la direzione), la velocità del suono aumenta nella direzione del vento ed i raggi sonori tenderanno a curvarsi verso il basso, mentre nella direzione opposta tenderanno verso l'alto.

A4 – Assorbimento dovuto al suolo ed alla eventuale presenza di vegetazione

La natura del terreno, la presenza di asperità o di prati, cespugli e alberi hanno grande importanza in riferimento a fenomeni di riflessione, rifrazione e assorbimento del suono.

Effetto di boschi cedui



Relazioni empiriche esprimono l'attenuazione in funzione dell'altezza efficace, che tiene conto della posizione reciproca sorgente – ricevitore: l'attenuazione diminuisce all'aumentare dell'altezza efficace perché aumenta l'angolo di incidenza rispetto al terreno.

L'attenuazione viene trascurata per distanze inferiori a 15 m ed altezze efficaci maggiori di 12.5.

Nel caso di ostacoli si ha:

$$A_4 = (G * 10) 10 \log_{10} \frac{r}{15} \quad \text{con } 0 \leq G = 0,75 \left(1 - \frac{h_e}{12,5}\right) \leq 0,66$$

A5 – Presenza di barriere naturali o artificiali

Una barriera acustica è una struttura naturale o artificiale interposta tra la sorgente ed il recettore che intercetta la linea di visione diretta tra questi due punti.

Di seguito si riporta una tabella con i calcoli eseguiti tenendo conto anche dell'attenuazione dovuta all'assorbimento del mezzo di propagazione e dell'attenuazione in funzione dell'altezza efficace.

Si precisa che:

- ✓ in via cautelativa è stato adottato un livello di potenza della sorgente pari a 110 dB;
- ✓ in via cautelativa non sono stati presi in considerazione gli effetti di attenuazione del rumore ascrivibili alla presenza di barriere naturali o artificiali, all'eventuale presenza di vegetazione, ai gradienti di temperatura ed alla presenza di pioggia o neve.

GRANDEZZA	VALORE	UNITÀ DI MISURA	DESCRIZIONE
h_s	1	m	Altezza dal suolo sorgente sonora
h_r	2	m	Altezza dal suolo recettore
d	232	m	Distanza dalla sorgente
Q_{DIR}	1	-	Coefficiente di direttività

<i>QRIF</i>	1	-	Coefficiente di direttività
<i>α</i>	0.2	-	Coefficiente acustico del terreno (0-1)
<i>LW</i>	110	dB	Livello di potenza della sorgente
<i>RDIR</i>	232.00	m	
<i>RRIF</i>	232.02	m	
<i>LDIR</i>	51.70	dB	Livello diretto
<i>LRIF</i>	50.73	dB	Livello riflesso
<i>LTOT</i>	54.25	dB	Livello totale
<i>A1</i>	0.006	dB/m	Assorbimento mezzo di propagazione
<i>he</i>	1.5	m	Altezza efficace
<i>G</i>	0.66	-	$0 \leq G \leq 0.66$
<i>A4</i>	7.86	-	Attenuazione in funzione dell'altezza efficace <i>he</i>
<i>A4b</i>	0	dB/m	Assorbimento bosco ceduo
<i>LTOT</i>	45.01	dB	Valore di livello acustico in corrispondenza del ricevitore

Dal calcolo risulta un valore di livello acustico pari a 45.01 dB, arrotondabile a 45 dB, ad una distanza dalla sorgente *d* pari a 232 m, approssimata cautelativamente a 235 m.

I potenziali recettori sensibili, pertanto, vanno ricercati all'interno di un buffer di 235 m dalle aree di cantiere tra le seguenti categorie di edifici:

- ✓ edifici commerciali;
- ✓ luoghi di culto;
- ✓ edifici ricreativi;
- ✓ sedi di: cliniche, attività culturali e sportive, forze dell'ordine, ospedali, poste, scuole, tribunali, uffici dell'amministrazione pubblica, servizi sanitari locali;
- ✓ servizi di trasporto;
- ✓ stazioni di polizia;
- ✓ stazioni marittime;
- ✓ strutture alberghiere;
- ✓ teatri ed auditorium.

Nello specifico, la consultazione delle planimetrie catastali ed il sopralluogo in loco hanno evidenziato la presenza di recettori sensibili nei pressi del cantiere del cavo interrato quali il cimitero e la vicina area giochi nel comune di Orroli.

Data la tipologia di lavorazioni e la loro durata, l'impatto residuo viene valutato **POCO RILEVANTE**.

L'impatto sarà ridotto dall'adozione di specifici accorgimenti (in fase sia di realizzazione che di dismissione dell'opera):

- ✓ impiego di mezzi, macchine ed attrezzature conformi alle direttive CE recepite dalla normativa nazionale; utilizzo per tutte le attrezzature, comprese quelle non considerate nella normativa nazionale vigente, di tutti gli accorgimenti tecnicamente disponibili per rendere meno rumoroso il loro uso (carterature, oculati posizionamenti nel cantiere, ...);
- ✓ verifica dei provvedimenti per la limitazione delle emissioni sonore conformi alla normativa vigente per i mezzi pesanti (procedure di collaudo, di omologazione e di certificazione che attestino la conformità dei mezzi d'opera alle prescrizioni relative ai livelli sonori ammissibili; marcatura dei prodotti e dei dispositivi attestante l'avvenuta omologazione);

- ✓ ottimizzazione del numero di trasporti previsti per l'elicottero e per i mezzi pesanti;
- ✓ accesso alle aree di cantiere prevalentemente dalle arterie viarie esistenti, in corrispondenza delle quali non sarà avvertito un aumento del traffico imputabile alla realizzazione dell'elettrodotto;
- ✓ utilizzo di un numero di automezzi mediamente limitato in fase di dismissione.

L'aumento del flusso veicolare e delle emissioni rumorose prodotte, pertanto, sono da ritenersi trascurabili e poco significativi sia in fase di cantiere che di dismissione.

Si sottolinea che le fasi di cantiere e di dismissione sono attività temporanee, pertanto le fonti di rumore introdotte nell'ambiente saranno percepite dalla popolazione per un periodo limitato rispetto alla vita nominale dell'opera.

Si sottolinea che le attività di cantiere sono temporanee, pertanto il proprietario dell'opera, in fase di apertura dei cantieri, si avvarrà della possibilità di operare in deroga ai limiti di legge ai sensi della Legge n. 447 del 26/10/1995 e s.m.i., art. 6.

Impatti in fase di esercizio

Elettrodotti aerei

Il rumore prodotto dagli elettrodotti in fase di esercizio deriva da due tipologie di effetti: l'effetto eolico e l'effetto corona.

L'effetto eolico deriva dall'interferenza del vento con i sostegni ed i conduttori: si tratta del rumore prodotto dall'azione di taglio che il vento esercita sui conduttori. Considerando che l'effetto eolico si manifesta solo in condizioni di venti forti (10-15 m/s) e quindi di elevata rumorosità di fondo, non sono disponibili dati sperimentali, pertanto si considera che il rumore di fondo, in tali condizioni atmosferiche, assuma valori tali da rendere praticamente trascurabile l'effetto del vento sulle strutture dell'opera. **Nell'area di studio, comunque, i venti non raggiungono mai velocità rilevanti, pertanto si può asserire che il disturbo derivante dall'effetto eolico debba essere considerato nullo e/o trascurabile.**

L'effetto corona consiste in un ronzio o crepitio udibile in prossimità degli elettrodotti ad alta tensione, generalmente in condizioni meteorologiche di forte umidità quali nebbia o pioggia, determinato dal campo elettrico presente nelle immediate vicinanze dei conduttori.

L'effetto corona è un fenomeno per cui una corrente elettrica fluisce tra un conduttore a potenziale elettrico elevato ad un fluido neutro circostante, generalmente aria. Il rumore ad esso associato, quindi, è dovuto alla ionizzazione dell'aria che circonda uno strato tubolare sottile, un conduttore elettricamente carico, e che, una volta ionizzata, diventa plasma e conduce elettricità. La ionizzazione si determina quando il valore del campo elettrico supera una soglia detta rigidità dielettrica dell'aria e si manifesta con una serie di scariche elettriche, che interessano unicamente la zona ionizzata e sono quindi circoscritte alla corona cilindrica in cui il valore del campo supera la rigidità dielettrica. La rigidità dielettrica dell'aria secca è di circa 3 MV/m, ma questo valore diminuisce sensibilmente in montagna (per la maggiore rarefazione dell'aria) e soprattutto in presenza di umidità e sporcizia. La differenza di potenziale per un conduttore cilindrico è più elevata alla superficie e si riduce progressivamente allontanandosi da essa, pertanto, a parità di voltaggio della corrente trasportata, l'effetto corona in un conduttore diminuisce all'aumentare del suo raggio, ovvero utilizzando una fascia di due o più conduttori disposti così da avere un raggio equivalente più elevato.

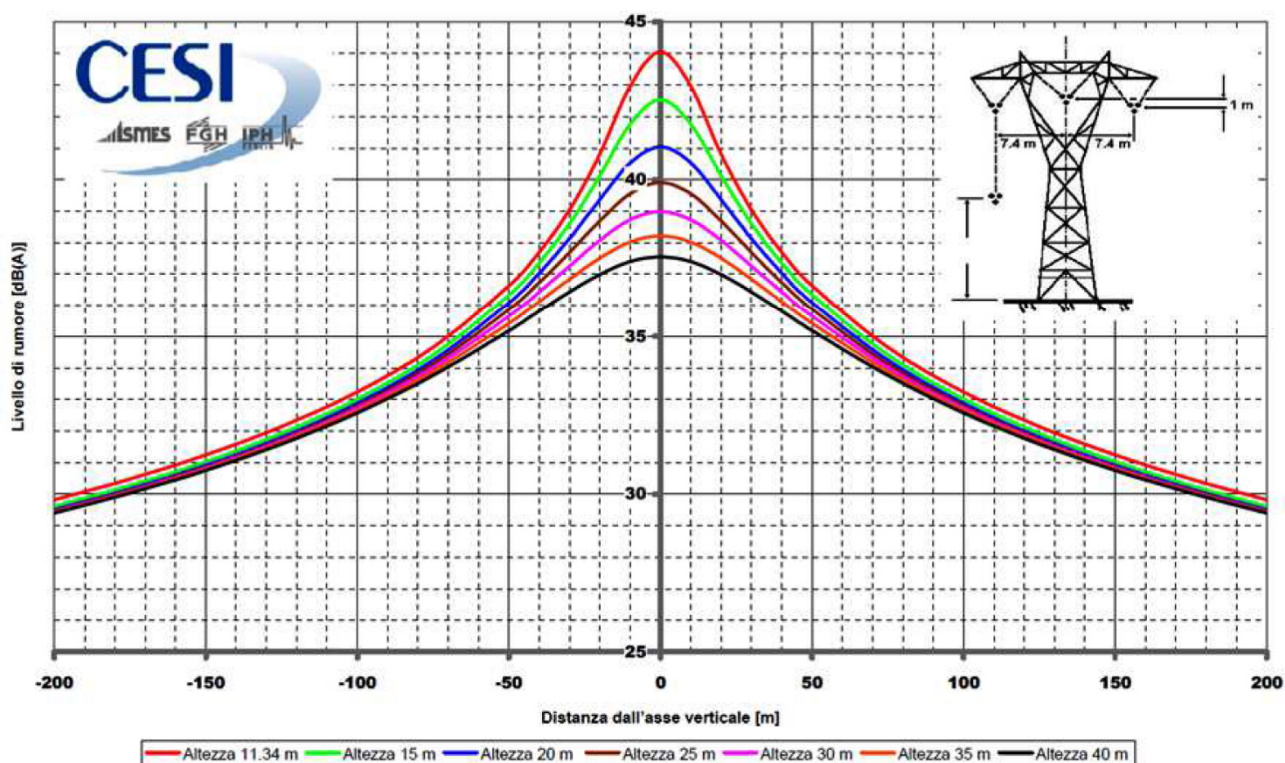
Una situazione particolarmente critica sugli elettrodotti può presentarsi in corrispondenza degli isolatori perché questi, se sporchi o bagnati, possono favorire sensibilmente l'innescò di scarico: ecco perché è in genere più facile avvertire il rumore associato all'effetto corona presso i tralicci piuttosto che lungo le linee. Tale problema è più evidente in zone industriali o comunque ad elevato inquinamento atmosferico.


Uno dei fenomeni più complessi conseguenti all'effetto corona è appunto il rumore: il riscaldamento prodotto dalla ionizzazione del fluido e delle scariche elettriche nella corona genera onde di pressione che si manifestano con il caratteristico "crepitio" tipico di ogni scarica elettrica. Nelle linee a corrente alternata, dove il campo elettrico si inverte di polarità passando per lo zero cento volte al secondo, anche i fenomeni di ionizzazione si innescano e disinnescano con questa cadenza, dando luogo ad una modulazione delle onde di pressione e quindi ad un rumore con una frequenza caratteristica appunto a 100 Hz: l'effetto si percepisce nelle immediate vicinanze dell'elettrodotto soprattutto se l'umidità dell'aria è elevata.

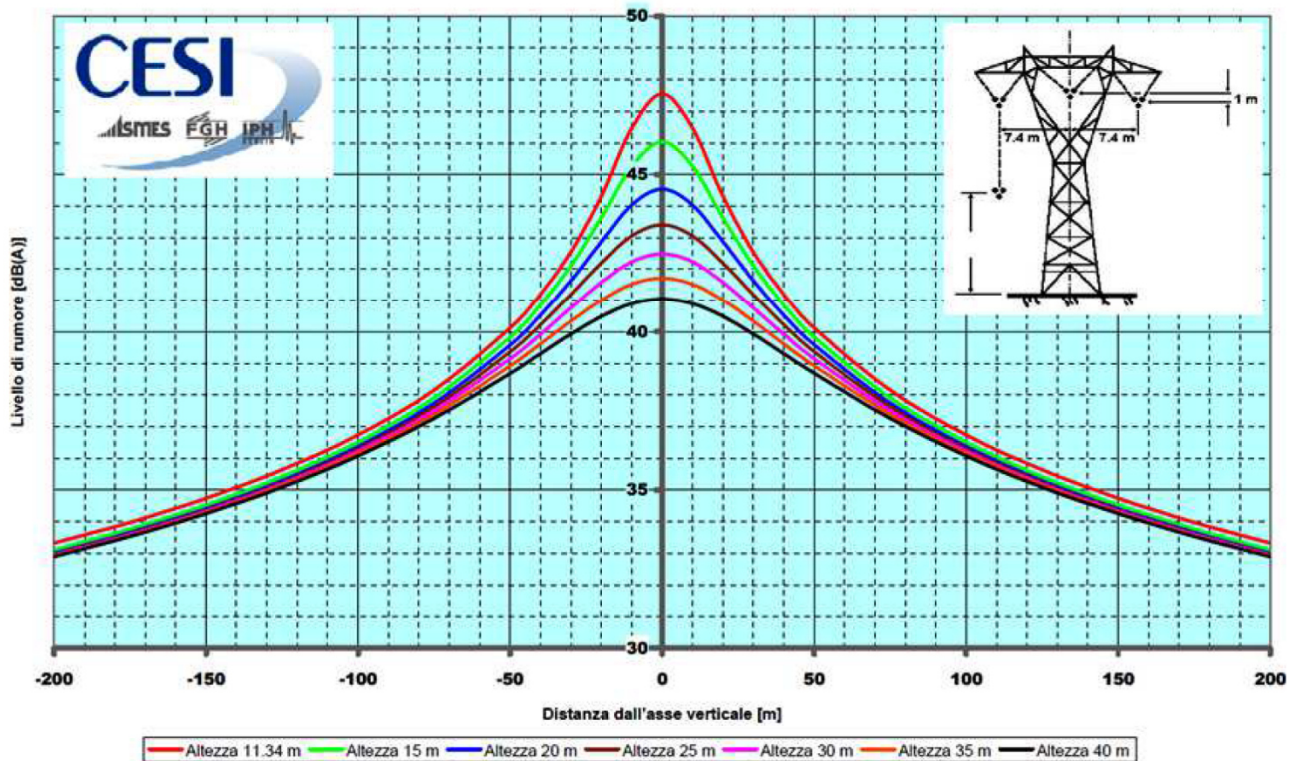
Di seguito si riportano i grafici di propagazione del rumore, per effetto corona, ascrivibili ad una tensione di 380 kV con conformazione in semplice terna a triangolo, sostegni di tipo N e conduttore singolo del diametro di 31.5 mm, nelle due casistiche di pioggia leggera e pioggia intensa.

ELETTRODOTTI	
SE Sanluri - SE Nurri 2 – Nord/Sud”	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Livello di rumore per effetto corona calcolato a 1.5 m dal suolo per L50 (pioggia leggera) ✓ Livello di rumore per effetto corona calcolato a 1.5 m dal suolo per L5 (pioggia intensa)
Raccordo aereo 380 kV ST “Ittiri - SE Sanluri” Raccordo aereo 380 kV ST “SE Sanluri – Selargius”	

	Linea a traliccio a 380 kV – Semplice terna ad Y - Sostegno tipo N Fascio trinato di conduttori ACSR Φ 31,5 mm Livello di rumore L50 (pioggia leggera) per effetto corona calcolato a 1,5 m dal suolo	Codifica UX LC 960	
		Rev. N°00 del 25/03/2011	Pag. 3 di 11



	Linea a traliccio a 380 kV – Semplice terna ad Y - Sostegno tipo N Fascio trinato di conduttori ACSR ϕ 31,5 mm	Codifica UX LC 960	
		Rev. N°0 del 25/03/2011	Pag. 4 di 11



Si osserva che la situazione maggiormente cautelativa, in termini di emissioni sonore, si riscontra per sostegni aventi altezza dal suolo del conduttore più basso ed in condizioni di pioggia intensa.

Considerati i grafici sopra riportati e dato che il rumore prodotto dall'effetto corona ha maggiore intensità in condizioni di forte pioggia e quindi di elevata rumorosità di fondo, il rumore di fondo in tali condizioni atmosferiche assume valori tali da rendere praticamente trascurabile l'effetto corona.

Il confronto con i valori acustici relativi alla rumorosità di alcuni ambienti tipici (rurale, residenziale senza strade di comunicazione, suburbano con traffico, urbano con traffico, industriale) evidenzia che tale rumorosità ambientale è dello stesso ordine di grandezza, se non superiore, dei valori riportati nei grafici precedenti.

Stazioni Elettriche

Nelle stazioni elettriche saranno presenti esclusivamente macchinari statici, che costituiscono una modesta sorgente di rumore, ed apparecchiature elettriche che costituiscono fonte di rumore esclusivamente in fase di manovra.

Il rumore sarà quindi prodotto dalle unità di trasformazione principali e dai relativi impianti ausiliari (raffreddamento). Le macchine che verranno installate nella nuova stazione elettrica saranno degli autotrasformatori 400/150 kV a bassa emissione acustica.

Il livello di emissione di rumore sarà in ogni caso in accordo ai limiti fissati dal D.P.C.M. 1 marzo 1991, dal D.P.C.M. 14 novembre 1997 e secondo le indicazioni della legge quadro sull'inquinamento acustico (Legge n. 477 del 26/10/1995), in corrispondenza dei recettori sensibili.

L'impianto sarà inoltre progettato e costruito secondo le raccomandazioni riportate nei par. 3.1.6 e 8.5 della Norma CEI 11 -1.

Per quanto sopra riportato, **l'impatto residuo è, quindi, valutato complessivamente NON RILEVANTE.**

Si può quindi concludere che le attività di esercizio non alterino significativamente il clima acustico della zona di intervento, pertanto non si prevedono particolari misure di mitigazione se non l'esecuzione delle opere a regola d'arte secondo le norme di buona tecnica e conforme alle normative vigenti.

1.1.1.8 Vibrazioni

La costruzione e l'esercizio di elettrodotti non comportano vibrazioni se non talora per l'eventuale realizzazione di tiranti in roccia; nel caso in esame si tratta comunque di un impatto limitato nella sua durata e trascurabile data la distanza dagli edifici e centri abitati.

Si consideri inoltre che:

- ✓ Il traffico di mezzi pesanti dall'area di cantiere base all'area di microcantiere interesserà sempre la viabilità principale e può essere considerato non significativo, sia per numero sia per durata e percorrenza dei viaggi, come riportato nella tabella seguente:

ATTIVITÀ	DA/A	STIMA LUNGEZZA MEDIA PERCORSO	MEZZO IMPIEGATO – N. MEZZI	N. VIAGGI – TEMPO DI RIFERIMENTO
Carico carpenteria, morsetteria, materiale vario	Cantiere base/microcantiere e ritorno	10/15 km	Camion - 1	2-8 h
Trasporto personale	Cantiere base/microcantiere e ritorno	10/15 km	Mezzi promiscui (furgone, pick-up) – 2	1-8 h
Trasferimento escavatore	Cantiere base/microcantiere e successivamente dal microcantiere al microcantiere contiguo	10/15 km 1 km	Autoarticolato – 1	1-7 gg
Trasferimento autogru	Cantiere base/microcantiere	10/15 km	Autogru - 1	1-7 gg
Trasferimento sonda per pali/micropali dove previsto	Cantiere base/microcantiere e successivamente dal microcantiere al microcantiere contiguo	10/15 km	Autoarticolato - 1	1-7 gg
Getto fondazioni	Impianto di betonaggio/microcantiere	20 km	Autobetoniera - 2	8 h ogni 4 gg

- ✓ Le lavorazioni all'interno delle aree di cantiere base, pur protraendosi per l'intera durata del cantiere, consisteranno essenzialmente nelle operazioni di carico e scarico dei materiali da inviare alle aree di microcantiere; tali attività, per numero e tipologia dei mezzi utilizzati, non possono essere considerate sorgenti di vibrazioni di livello significativo.

CANTIERE BASE			
Attività svolta	Macchinari/automezzi	Durata	Contemporaneità macchinari/automezzi in funzione
Carico/scarico materiali e attrezzature; Movimentazione materiali e attrezzature; Formazione colli e premontaggio di parti strutturali	Elicottero, autocarro con gru, autogru, carrello elevatore, compressore/generatore	Tutta la durata dei lavori	I macchinari/automezzi sono utilizzati singolarmente a fasi alterne, mentre la contemporaneità massima di funzionamento è prevista in ca. 3h/g

- ✓ Le aree di cantiere base si localizzano principalmente in aree con destinazioni d'uso industriale e prossime alle infrastrutture viarie principali, sempre a distanze notevoli rispetto ai centri abitati;
- ✓ Per le aree di microcantiere:
 - le attività svolte non sono sorgente di vibrazioni rilevanti, infatti non è mai previsto l'utilizzo di mezzi comunemente indicati dalla letteratura scientifica come causa di possibili forti vibrazioni indotte nel terreno (quali rulli vibranti per la compattazione del terreno, battipali e martelli demolitori);
 - la durata media dell'attività di scavo per ogni sostegno è pari a circa 2 giorni non continuativi, per un totale di 8 ore di lavorazione per ogni microcantiere, pertanto il disturbo prodotto si può valutare come non significativo.

AREE SOSTEGNO			
Attività svolta	Macchinari/automezzi	Durata	Contemporaneità macchinari/automezzi in funzione
Trasporto materiali a e da area di intervento	Elicottero (eventuale), autocarro	2 gg – 2 ore	
Attività preliminari: tracciamenti, recinzioni, spianamento, pulizia		1 g	
Movimento terra, scavo di fondazione	Escavatore, generatore per pompe acqua (eventuale)	2 gg – 6 ore	
Montaggio tronco base del sostegno	Autocarro con gru (o autogru o simile), autobetoniera, generatore	3 gg – 3 ore	
Casseratura e armatura fondazione		1 g – 2 ore	
Getto calcestruzzo di fondazione		1 g – 5 ore	
Disarmo		1 g	
Rinterro scavi, posa impianto di messa a terra	Escavatore	1 g cumulativo	
Montaggio a piè d'opera del sostegno	Autocarro con gru (o autogru o similare)	4 gg – 5 ore	
Montaggio in opera sostegno	Autocarro con gr	3 gg – 4 ore	
	Autogru, argano di sollevamento (in alternativa all'autogru/gru)		
Movimentazione conduttori	Autocarro con gru (o autogru o simile), argano di manovra	4 gg – 4 ore	

- ✓ Per l'area di cantiere afferente alle nuove stazioni elettriche, le attività svolte potrebbero produrre vibrazioni significative solo nell'eventuale fase di rullatura dei rilevati all'interno dell'area di lavoro, tuttavia tale operazione avrebbe una durata trascurabile (pochi giorni) e si svolgerebbe lontano da possibili ricettori sensibili.

STAZIONE			
Attività svolta	Macchinari/automezzi	Durata	Contemporaneità macchinari/automezzi in funzione
Attività preliminari: tracciamenti, recinzioni, spianamento, pulizia		20 gg	-

Movimento terra, scavo di fondazione	Escavatore, generatore per pompe acqua (eventuale), camion	40 gg – 8 ore	
Opere civili: opere esterne	Gru, autobetoniera, generatore, camion, rullo compressore, escavatore	360 gg – 2 ore	
Opere civili: edifici		480 gg – 2 ore	
Forniture ed assemblaggio apparecchiature elettromeccaniche		348 gg – 5 ore	

✓ Per i cantieri relativi al cavidotto interrato ed agli elettrodotti aerei:

- le attività svolte non sono sorgente di vibrazioni rilevanti, infatti non è mai previsto l'utilizzo di mezzi comunemente indicati dalla letteratura scientifica come causa di possibili forti vibrazioni indotte nel terreno (quali rulli vibranti per la compattazione del terreno, battipali e martelli demolitori);
- la durata media dell'attività di scavo per la linea interrata è pari 20 giorni, tuttavia il cantiere sarà temporaneo e si sposterà progressivamente sul tracciato.

AREE DI LINEA			
Attività svolta	Macchinari/automezzi	Durata	Contemporaneità macchinari/automezzi in funzione
Stendimento conduttori/recupero conduttori esistenti	Argano/freno	8 gg – 6 ore	Contemporaneità massima di funzionamento prevista in 2 ore/giorno
	Autocarro con gr (o autogru o simile)	8 gg – 2 ore	
	Argano di manovra	8 gg – 6 ore	
Lavori in genere afferenti alla tesatura: ormeggi, giunzioni, movimentazione conduttori varie	Autocarro con gru (o autogru o simili)	2 gg – 2 ore	-
	Argano di manovra	2 gg – 1 ora	
Realizzazione opere provvisorie di protezione e loro ripiegamento	Autocarro con gru (o autogru o simile)	2 gg – 4 ore	
Sistemazione/spianamento aree di lavoro/realizzazione vie di accesso	Escavatore	2 gg – 6 ore	
	Elicottero	2 gg – 1 ora	
Scavo trincea	Escavatore, eventuali elettropompe e demolitori, autocarro	20 gg	
Microtunneling (eventuale)	Fresa, martinetti idraulici ed eventuali elettropompe	10 m/gg	
Trivellazione Orizzontale Controllata (eventuale)	Trivella ed eventuale elettropompe	30 m/gg per ogni fase	
Posa cavo	Argano Autogru/autocarro	3 gg 1 g - 2 ore	
Reinterro	Escavatore, autocarro	5 gg	
Esecuzioni giunzioni	Escavatore Eventuali elettropompe, Gruppo elettrogeno	2 gg – 4 ore 5 gg	
Scavo trincea	Escavatore, eventuali elettropompe e demolitori, autocarro	20 gg	

Dato la breve durata delle operazioni, l'impiego di mezzi ed attrezzature di cantiere comuni e la non contemporaneità dei mezzi impiegati, le emissioni di vibrazioni si ritengono trascurabili, per cui l'impatto risulta NON RILEVANTE.

1.1.1.9 RADIAZIONI IONIZZANTI E NON IONIZZANTI

1.1.1.9.1 *Valutazione degli Impatti e Identificazione delle Misure di Mitigazione*

Introduzione

La linea elettrica durante il suo normale funzionamento genera un campo elettrico ed un campo magnetico. Il primo è proporzionale alla tensione della linea stessa, mentre il secondo è proporzionale alla corrente che vi circola. Nonostante l'intima correlazione tra campo elettrico e campo magnetico nel caso di bassissime frequenze (ad esempio 50 Hz), poiché le grandezze variano in modo relativamente lento nel tempo, i campi possono essere trattati come fenomeni indipendenti. La grandezza appena citata, la frequenza, è definibile come il numero di cicli al secondo con cui variano (sinusoidalmente) la corrente elettrica e conseguentemente le altre grandezze; essa contraddistingue tutte le svariate applicazioni e caratterizza fortemente anche le interazioni con gli organismi viventi. Tutte le applicazioni elettriche comportano la generazione di campi elettromagnetici, quindi non solo gli elettrodotti ma anche gli elettrodomestici, i videotermini, i trasmettitori radio e TV, le applicazioni elettromedicali, ed altre; vi sono inoltre molteplici fonti naturali di radiazioni elettromagnetiche quali il calore e la luce.

I campi elettromagnetici possono essere suddivisi in due classi primarie:

- ✓ le radiazioni non ionizzanti, che vanno dalle frequenze estremamente basse all'ultravioletto;
- ✓ le radiazioni ionizzanti (raggi X e raggi gamma).

Queste ultime sono caratterizzate dal fatto che hanno la proprietà di ionizzare molecole ed atomi, cioè di romperne i legami interni. Per quanto riguarda i campi non ionizzanti, nel caso della luce visibile, delle microonde e delle radiofrequenze, la quantità di energia trasportata può provocare il riscaldamento dei tessuti organici, mentre per i campi a bassissima frequenza, l'energia associata è del tutto trascurabile e, in una gamma di valori largamente comprendente quelli che si possono manifestare in luoghi frequentati da persone, non sono stati evidenziate influenze sugli organismi viventi da parte di questi ultimi.

La frequenza si esprime in Hertz (Hz), ossia il numero di cicli in un secondo. Il campo elettrico E che si instaura nello spazio circostante un conduttore in tensione, è normalmente misurato in volt al metro (V/m) o in suoi multipli come il kV/m, essendo il volt l'unità di misura della tensione elettrica. Il campo magnetico H generato nello spazio dalla corrente che percorre il conduttore suddetto è invece misurato in ampere al metro (A/m), essendo l'ampere l'unità di misura della corrente. Il campo magnetico è spesso espresso anche in termini di densità di flusso magnetico (o induzione magnetica) B per la quale l'unità di misura adottata internazionalmente è il Tesla (T), o i suoi sottomultipli come il mT (10^{-3} T), il μ T (10^{-6} T) ed il nT (10^{-9} T).

Con riferimento alle linee elettriche aeree, il valore massimo di induzione magnetica al suolo è variabile in funzione dell'intensità della corrente elettrica che percorre i conduttori, del tipo di sostegno e quindi dalla distanza fra i conduttori. Come il campo elettrico, anche quello magnetico è correlato alla distanza dai conduttori, diminuendo all'aumentare di questa, mentre varia in maniera direttamente proporzionale al valore di corrente. A differenza del campo elettrico, quello magnetico viene solo in modesta misura schermato da eventuali costruzioni. Anche il valore di induzione magnetica delle linee in cavo interrato è variabile in funzione dell'intensità della corrente elettrica che percorre i conduttori, della disposizione dei cavi e della loro mutua distanza. A differenza delle linee elettriche aeree quelle interrate, sono realizzate con cavi isolati. Questo permette la posa ravvicinata dei cavi stessi con notevole riduzione dei valori di induzione magnetica.

I valori dell'induzione magnetica, sia per le linee aeree che per quelle interrate, sono inoltre funzione della distanza del punto ricettivo rispetto alla linea. Maggiore è questa distanza, minore è il valore dell'induzione magnetica. A differenza del campo elettrico, l'induzione magnetica in una linea in cavo interrato, viene solo minimamente attenuata dalla schermatura metallica di questi.

Le sorgenti di campo elettromagnetico più significative per l'impatto prodotto sul territorio in termini di distribuzione spaziale dei livelli di emissione elettromagnetica sono gli impianti legati alla trasmissione e distribuzione dell'energia elettrica (elettrodotti) per quanto riguarda i campi elettrici e magnetici ELF, e gli impianti che operano nel settore delle telecomunicazioni, per quanto riguarda i campi elettromagnetici RF. L'emissione di campo elettrico e magnetico (ELF) da parte degli elettrodotti costituisce un effetto secondario, indesiderato ma ineliminabile, dell'uso dell'elettricità.

Il paragrafo riguarderà le sole radiazioni non ionizzanti, perché sono le uniche emesse da un elettrodotto.

Le normative di riferimento nazionali sono il D.P.C.M. dell'8 luglio 2003 "Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori 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”, ed il DM 29 maggio 2008. (pubblicato in G.U. n. 156 del 05/07/2008 – Supplemento Ordinario n. 160) “Metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti”.

I valori indicati sono i seguenti:

- ✓ Limite di esposizione: 100 μ T per l'induzione magnetica e 5 kV/m per il campo elettrico, intesi come valori efficaci;
- ✓ Valore di attenzione: 10 μ T per l'induzione magnetica, da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio, da osservare negli ambienti abitativi, nelle aree gioco per l'infanzia, nelle scuole ed in tutti quei luoghi dove si soggiorna per più di quattro ore al giorno;
- ✓ Obiettivo di qualità: 3 μ T per l'induzione magnetica, da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio, che deve essere rispettato nella progettazione dei nuovi elettrodotti in corrispondenza degli ambienti e delle aree definiti al punto precedente e nella progettazione dei nuovi insediamenti e delle nuove aree di cui sopra in prossimità di linee ed installazione elettriche esistenti.

L'applicazione della metodologia indicata nel decreto permette la definizione della distanza di prima approssimazione (DPA).

Normativa di riferimento

La normativa vigente prevede il calcolo delle “fasce di rispetto”, definite dalla Legge 22 febbraio 2001 n° 36, ovvero il volume racchiuso dalla curva isolivello a 3 microtesla (3 μ T), all'interno delle quali non è consentita alcuna destinazione di edifici ad uso residenziale, scolastico, sanitario, ovvero un uso che comporti una permanenza superiore a 4 ore, da determinare in conformità alla metodologia di cui al D.P.C.M. 08/07/2003.

La legge citata ha individuato ben tre livelli di esposizione ed ha affidato allo Stato il compito di determinarli e aggiornarli periodicamente in relazione agli impianti che possono comportare esposizione della popolazione a campi elettrici e magnetici con frequenze comprese tra 0 Hz e 300 GHz.

L'art. 3 della **Legge 36/2001** ha definito:

- ✓ *limite di esposizione*, il valore di campo elettromagnetico da osservare ai fini della tutela della salute da effetti acuti;
- ✓ *valore di attenzione*, come quel valore del campo elettromagnetico da osservare quale misura di cautela ai fini della protezione da possibili effetti a lungo termine;
- ✓ *obiettivo di qualità*, come criterio localizzativo e standard urbanistico, oltre che come valore di campo elettromagnetico ai fini della progressiva minimizzazione dell'esposizione.

Tale legge quadro italiana (36/2001), come ricordato dal Comitato di esperti della Commissione Europea, è stata emanata nonostante le raccomandazioni del Consiglio dell'Unione Europea del 12/7/1999 sollecitassero gli Stati membri ad utilizzare le linee guida internazionali stabilite nel 1998 dall'ICNIRP (Commissione Internazionale per la Protezione dalle Radiazioni Non Ionizzanti). Tutti i paesi dell'Unione Europea hanno accettato il parere del Consiglio della UE, mentre l'Italia ha adottato misure più restrittive di quelle indicate dagli Organismi internazionali.

In esecuzione della predetta legge quadro, è stato infatti emanato il **D.P.C.M. 08.07.2003** “Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori 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.”, che ha fissato i limiti sopra riportati. È stato altresì esplicitamente chiarito che tali valori sono da intendersi come mediana di valori nell'arco delle 24 ore, in condizioni normali di esercizio. Si segnala come i valori di attenzione e gli obiettivi di qualità stabiliti dal legislatore italiano siano rispettivamente 10 e 33 volte più bassi di quelli internazionali.

Valutazione campo magnetico – Elettrodotti aerei

Metodo di calcolo utilizzato

Linee aeree isolate

La metodologia di calcolo utilizzata è basata sull'algoritmo bidimensionale normalizzato nella CEI 211-4. In particolare il campo di induzione magnetica viene simulato utilizzando un algoritmo numerico basato sulla legge di Biot-Savart, mentre il campo elettrico viene simulato a mezzo di calcoli basati sul metodo delle cariche immaginarie.

Alla frequenza di rete (50 Hz), il regime elettrico è di tipo quasi stazionario, e ciò permette la trattazione separata degli effetti delle componenti del campo elettrico e del campo magnetico. Questi ultimi in un punto qualsiasi dello spazio in prossimità di un elettrodotto trifase sono le somme vettoriali dei campi originati da ciascuna delle tre fasi e sfasati fra loro di 120°. In questo caso il calcolo è bidimensionale, e viene modellizzato considerando conduttori di lunghezza infinita e con direzione perfettamente ortogonale al piano.

Per i calcoli è stato utilizzato il programma di simulazione "EMF Tools 4.2.2" sviluppato per TERNA dal CESI procedendo sia al calcolo della fascia di rispetto, e di conseguenza determinando la DPA, sia al calcolo del campo elettrico a 1 m dal suolo. Per tutte le simulazioni si farà riferimento alla configurazione geometrica dei conduttori maggiormente gravosa selezionata tra tutte le tipologie di sostegni utilizzate, che nel caso in esame è quella del sostegno di tipo CA.

Linee aeree AT con parallelismo

Nel caso di più linee aeree con asse linea parallelo il campo elettromagnetico tra le due linee è la somma vettoriale del campo generato da ciascuna di esse. Pertanto sarà necessario calcolare l'effetto combinato delle due linee, con direzione della corrente più sfavorevole, che coincide con la condizione di verso concorde. L'ampiezza della fascia di prima approssimazione in questo caso verrà calcolata mediante il software "EMF Tools 4.2.2" sviluppato per TERNA dal CESI, inserendo consecutivamente le due configurazioni geometriche dei conduttori di entrambe le linee, con le rispettive distanze planimetriche e considerando i franchi da terra pari a 12 m, trascurando a favore di sicurezza il dislivello altimetrico realmente esistente.

Linee aeree AT con cambi di direzione

Il Decreto del 29 maggio 2008 prevede che per le linee ad alta tensione con cambi di direzione sul piano orizzontale ci sia un incremento dell'estensione della fascia di rispetto, che è massimo sul piano verticale passante per la bisettrice dell'angolo tra le due campate.

La procedura prevista dal Decreto consiste nell'individuare sei coordinate sul piano orizzontale poste in corrispondenza del sostegno interessato dal cambio di direzione e dei sostegni rispettivamente precedente e successivo. La spezzata passante per i tre punti individuati delimitano il bordo "approssimato" della proiezione al suolo della fascia di rispetto posta all'interno e all'esterno dell'angolo di derivazione impostato.

Si riporta di seguito la procedura indicata nel DM

PASSO 1

Al variare dell'angolo di deviazione della linea (θ , espresso in gradi) si calcola l'estensione della fascia lungo la bisettrice all'interno dell'angolo tra le due campate ($\phi = 180 - \theta$) con la relazione riportata nella seconda colonna delle tabelle che seguono (linee a terna singola e a doppia terna ottimizzata e a doppia terna), in modo da individuare sulla bisettrice il punto più lontano dal sostegno, denominato $P_{INT\ bts}$ (vedi Figura 4 a,b,c).

PASSO 2

Si calcola l'estensione della fascia lungo la bisettrice all'esterno dell'angolo tra le due campate con la relazione riportata nella terza colonna della stessa tabella, in modo da individuare sulla bisettrice il punto più lontano dal sostegno, denominato: $P_{EXT\ bts}$

PASSO 3

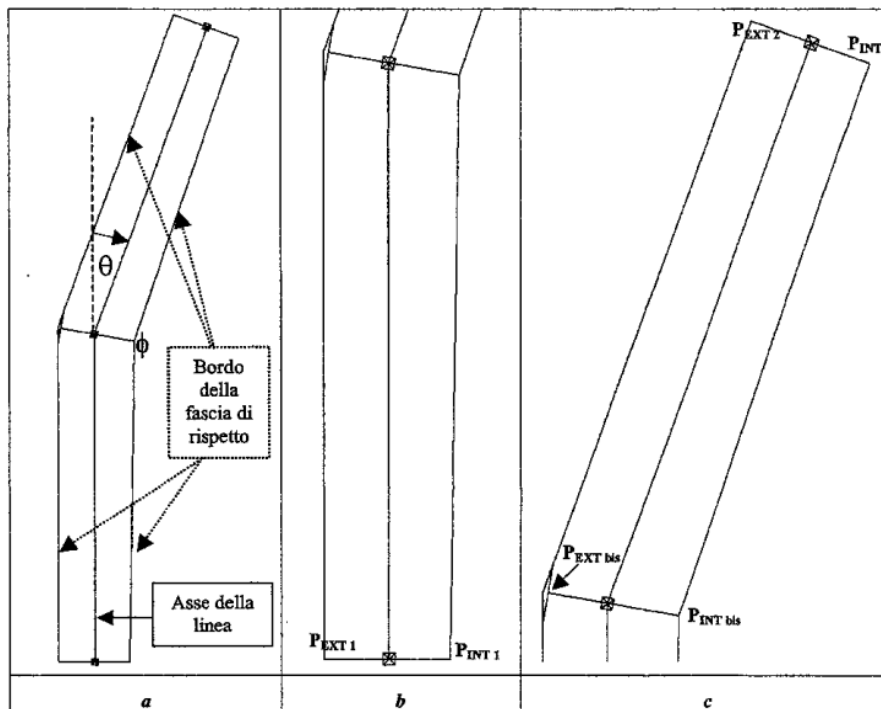
Per il sostegno che precede il vertice dell'angolo e per il sostegno successivo si fissano, lungo il profilo trasversale passante per il centro del sostegno, i punti $P_{INT\ 1}$ e $P_{EXT\ 1}$ alla distanza dal centro del sostegno pari alla Dpa imperturbata.

PASSO 4

All'interno dell'angolo tra le due campate si congiunge $P_{INT\ 1}$ a $P_{INT\ bts}$ e $P_{INT\ bts}$ a $P_{INT\ 2}$ definendo così il bordo della fascia di rispetto per il lato interno all'angolo.

PASSO 5

All'esterno dell'angolo tra le due campate si congiunge $P_{EXT\ 1}$ a $P_{EXT\ bts}$ e $P_{EXT\ bts}$ a $P_{EXT\ 2}$ definendo così il bordo della fascia di rispetto per il lato esterno all'angolo.



schematizzazione del cambio di direzione di una linea

La figura precedente riporta lo schema geometrico e la nomenclatura dell'estensione della fascia DPA interna ed esterna. Nella tabella seguente, invece, sono riportate le formule per il calcolo dell'ampiezza della fascia per angoli di deviazione tra 5° e 90° , per linee in semplice terna, discriminate in funzione della tensione di esercizio della linea e del numero di conduttori utilizzati. Nel caso in esame, utilizzando il conduttore trinato, sarà necessario utilizzare la formula riportata nella prima riga in caso di angoli di deviazione superiori a 5° .

Tabella indicante le formule per il calcolo dell'estensione dell'APA in corrispondenza dei pali d'angolo riportata nel Decreto del 29 maggio 2008.

Per linee a terna singola e a doppia terna ottimizzata

Tensione	Estensione della fascia lungo la bisettrice θ angolo di deviazione tra 5° e 90°	
	$P_{INT\ bis}$	$P_{EXT\ bis}$
380 kV tre conduttori per fase	$54 + 0.43*\theta$	$61 + 0.24*\theta$
380 kV due conduttori per fase	$44 + 0.35*\theta$	$49 + 0.19*\theta$
380 kV un conduttore per fase	$32 + 0.25*\theta$	$35 + 0.14*\theta$
220 kV due conduttori per fase	$42 + 0.29*\theta$	$47 + 0.16*\theta$
220 kV un conduttore per fase	$28 + 0.20*\theta$	$32 + 0.11*\theta$
132/150 kV	$22 + 0.14*\theta$	$24 + 0.07*\theta$

Linee aeree AT con incroci

Il Decreto del 29 maggio 2008, prevede che nel caso di incrocio tra linee AT ci sia un incremento dell'estensione della fascia di rispetto nei termini descritti di seguito.

La procedura prevista dal Decreto consiste nell'individuare in primis il livello di tensione delle due linee interferenti, nel nostro caso linea 380 kV con linea 220 kV, per poi determinare secondo la procedura di seguito descritta la minima distanza tra le stesse in corrispondenza della quale le singole fasce di ciascuna linea sono da considerarsi imperturbate.

Si riporta di seguito la procedura indicata nel DM:

Stazione Elettrica

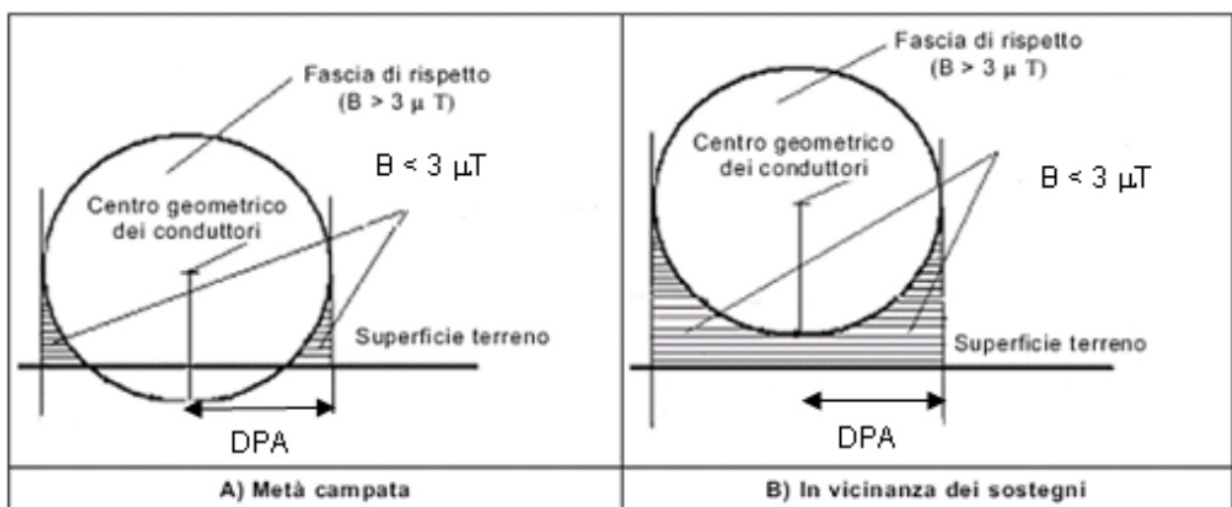
L'ipotesi fondamentale alla base del calcolo delle fasce di rispetto consiste nel calcolare il campo elettromagnetico generato dai due gruppi sbarre a 380 kV e a 150 kV, considerando la portata massima di corrente che scorre con verso concorde tra le sbarre stesse. Tale ipotesi è fortemente cautelativa poiché la probabilità che nei 4 gruppi sbarra circolino la corrente massima ammissibile in senso concorde è del tutto irrealistica. Inoltre si sottolinea come, in generale, Terna (ente gestore della RTN) ha dimostrato che generalmente la fascia DPA rimane all'interno della stazione con qualsiasi condizione di corrente circolante). Entrando nel merito del calcolo, mediante il software EMF Tools 4.2.2, si sono calcolate le curve equilivello del campo magnetico.

Metodologia di verifica

Ai fini dell'individuazione dei limiti entro i quali deve essere verificato il rispetto dell'obiettivo di qualità, così come definito nel D.P.C.M. dell'8 luglio 2003, si è provveduto ad effettuare il calcolo delle fasce di rispetto. Per "fasce di rispetto" si intendono quelle definite dalla Legge 22 febbraio 2001 n. 36, ovvero il volume racchiuso dalle curve isolivello a 3 microtesla, all'interno delle quali non è consentita alcuna destinazione di edifici ad uso residenziale, scolastico, sanitario, ovvero un uso che comporti una permanenza superiore a 4 ore, da determinare in conformità alla metodologia di cui al D.P.C.M. 08/07/2003. Con Decreto 29 maggio 2008 il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (ora MiTE) ha approvato la metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti, che oltre a definire i criteri e la metodologia per la determinazione delle fasce di rispetto, ha introdotto il criterio di "Distanza di Prima Approssimazione (DPA)" e le connesse "aree o corridoi di prima approssimazione".

Con il suddetto D.M. sono state date le seguenti definizioni:

- ✓ Portata in corrente in servizio normale: è la corrente che può essere sopportata da un conduttore per il 100% del tempo con limiti accettabili del rischio di scarica sugli oggetti mobili e sulle opere attraversate e dell'invecchiamento;
- ✓ Portata di corrente in regime permanente: è il massimo valore della corrente che, in regime permanente e in condizioni specificate, il conduttore può trasmettere senza che la sua temperatura superi un valore specificato (secondo CEI 11-17 par. 1.2.05);
- ✓ 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 ($3 \mu\text{T}$);
- ✓ Distanza di Prima Approssimazione (DPA): per le linee è la distanza, in pianta sul livello del suolo, della 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.



schema fasce di rispetto e DPA in corrispondenza di metà campata e in vicinanza dei sostegni

Inoltre, è stato definito il valore di corrente da utilizzare nel calcolo come la portata in corrente in servizio normale relativa al periodo stagionale in cui essa è più elevata, ed in dettaglio:

- ✓ Per le linee aeree con tensione superiore a 100 kV la portata di corrente in servizio normale viene calcolata ai sensi della norma CEI 11-60;
- ✓ Per le linee in cavo la corrente da utilizzare nel calcolo è la portata in regime permanente così come definita nella norma CEI 11-17.

In particolare la procedura da seguire, per la verifica della conformità dell'opera in materia di campi magnetici, è quella che si riporta di seguito:

- ✓ Valutazione delle correnti di calcolo da applicare alla linea aerea;
- ✓ Calcolo delle DPA, così come meglio definite nel seguito, successivamente riportarle in planimetria su base CTR, in scala 1:2000;
- ✓ Verificare sulle planimetrie di cui sopra l'eventuale presenza di ricettori e manufatti ricadenti all'interno della DPA;
- ✓ Per ognuno degli eventuali recettori individuati, provvedere ad un calcolo tridimensionale attraverso il quale verificare il non superamento dell'obiettivo di qualità, nel punto del recettore più prossimo all'elettrodotto.
- ✓ Per tutti gli altri manufatti accertare la destinazione d'uso e stato di conservazione attraverso visure catastali e sopralluoghi sul posto, potendo così escluderli dalla definizione di "ricettore".

Distanza di prima approssimazione (DPA)

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, 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”.

Ai fini del calcolo della DPA per il progetto degli elettrodotti aerei 380 kV in progetto, non sono state utilizzate delle metodologie semplificate ma è stata effettuata la proiezione al suolo della fascia calcolata. La proiezione a terra della fascia di rispetto è rappresentata negli elaborati dei rispettivi PTO. Il procedimento seguito per la rappresentazione dell'ampiezza della fascia DPA è riportato di seguito.

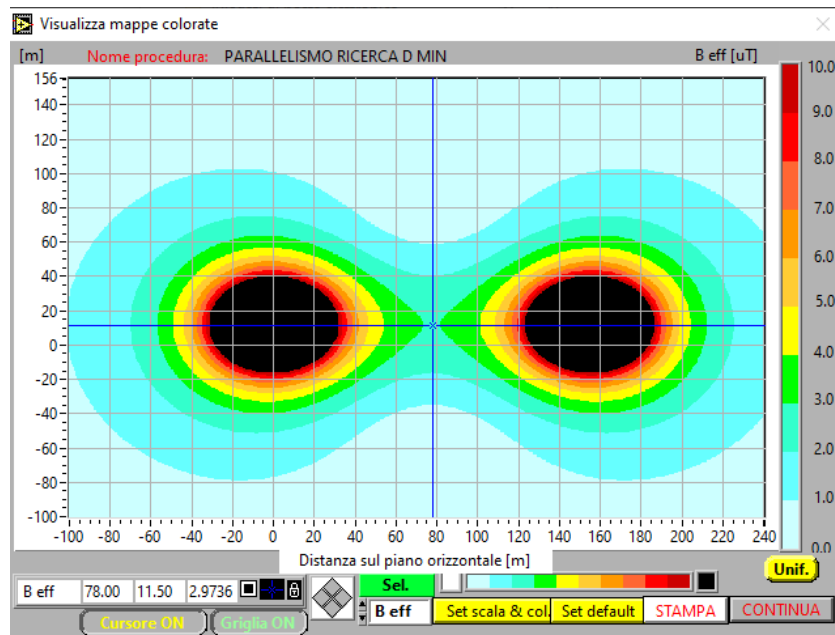
Calcolo della DPA elettrodotti aerei 380 kV “SE Sanluri – SE Nurri 2” Nord e Sud

Correnti di calcolo

Come indicato all'Art. 5.1.1 del Decreto 29 maggio 2008 nelle simulazioni, a misura di maggior cautela, si fa riferimento per la mediana nelle 24 ore in condizioni di normale esercizio, alla corrente in servizio normale definita dalla norma CEI 11-60 per il periodo freddo riferito alla zona climatica di interesse. La norma CEI 11-60 fissa dei valori di corrente determinati per un conduttore detto di riferimento. Ciascuna fase elettrica sarà costituita da n.3 conduttori di energia formato da una corda di alluminio acciaio della sezione complessiva di 585.3 mm² composta da n.19 fili di acciaio del diametro 2.10 mm e da n. 54 fili di alluminio del diametro di 3.50 mm, con un diametro complessivo di 31.5 mm (Documento da Unificazione Terna L_C2). Il carico di rottura teorico del conduttore sarà di 16852 daN. Riassumendo i dati elettrici inseriti nel calcolatore sono i seguenti:

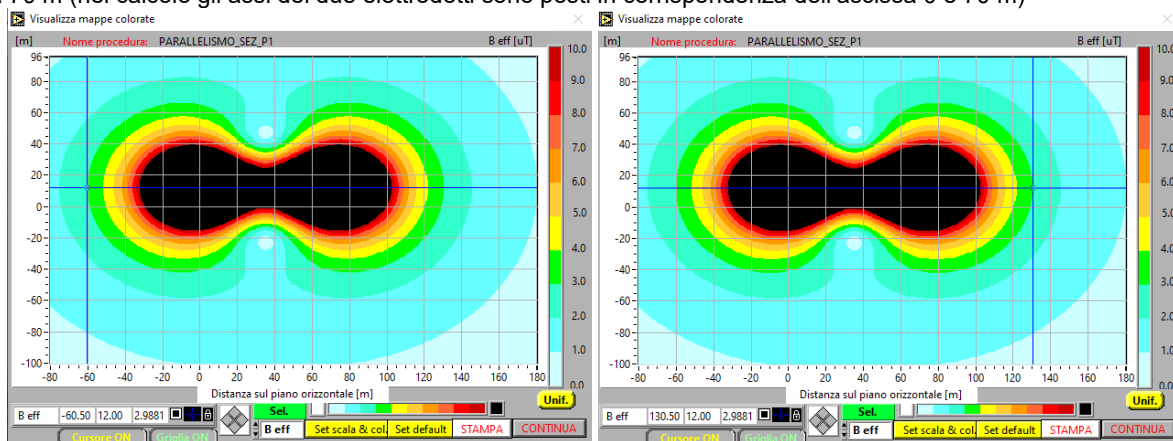
- ✓ TENSIONE NOMINALE: 380 kV
- ✓ ZONA CLIMATICA: A
- ✓ PORTATA DI CORRENTE SECONDO CEI 11-60 PER PERIODO FREDDO: **2955 A.**

Calcolo della distanza minima tra due linee a 380 kV parallele con la portata di corrente in progetto e la geometria dei conduttori secondo la configurazione del sostegno CA ST per tensione di 380 kV, affinché le isolinee del campo magnetico corrispondente a 3 µT non risultino sovrapposte. Per la corrente di 2995 A l'interasse massimo fra due linee parallele è pari a 155 m. Cautelativamente si è considerato un dislivello altimetrico nullo tra le linee, quindi con conduttori disposti alla stessa quota.



Curve isolivello del campo magnetico per linee parallele con interasse di 155 m. Il livello di tensione considerato è pari a 2995 A e la configurazione geometrica delle fasi è pari a quella del sostegno di tipo CA ST 380 kV.

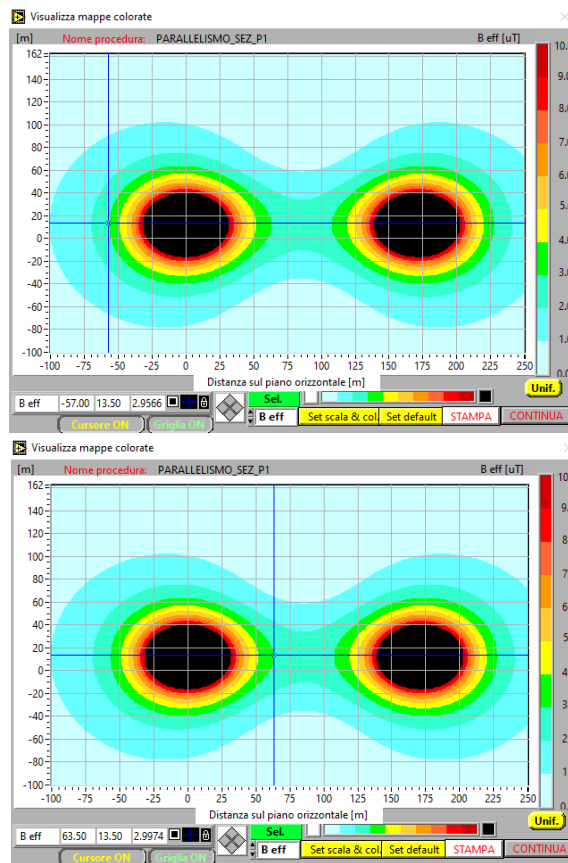
Calcolo dell'ampiezza della fascia DPA, nel caso di linee parallele con interasse inferiore a 155 m. Nel caso in cui l'interasse tra i due elettrodotti sia inferiore a 155 m, tutta l'area compresa tra di essi è soggetta ad un campo magnetico superiore a $3 \mu\text{T}$ e l'estensione della fascia DPA esternamente all'asse degli elettrodotti si allarga tanto minore è la distanza tra i due elettrodotti, pertanto verranno realizzate numerose sezioni (ad interasse tra gli elettrodotti variabile), in modo da rappresentare nella maniera più accurata possibile l'ampiezza della fascia DPA. Nella figura sottostante si riporta l'estensione della fascia DPA, nel caso in cui l'interasse fra gli elettrodotti sia pari a 70 m (nel calcolo gli assi dei due elettrodotti sono posti in corrispondenza dell'ascissa 0 e 70 m)



Ampiezza della fascia DPA, pari a 60,5 m, considerando il lato esterno ai due elettrodotti. Internamente il valore del campo elettromagnetico è sempre superiore a $3 \mu\text{T}$.

Calcolo dell'ampiezza della fascia DPA, nel caso di linee parallele con interasse superiore a 155 m. Nei tratti in cui gli elettrodotti presentano un interasse superiore a 155 m, non si può ritenere che il valore del campo elettromagnetico generato dai due elettrodotti sia disaccoppiato, ma c'è ancora un'influenza, fino ad un interasse

di circa 200 m. Nella figura sottostante si riporta il grafico delle curve equilivello del campo elettromagnetico per interasse tra i due elettrodotti pari a 170 m:

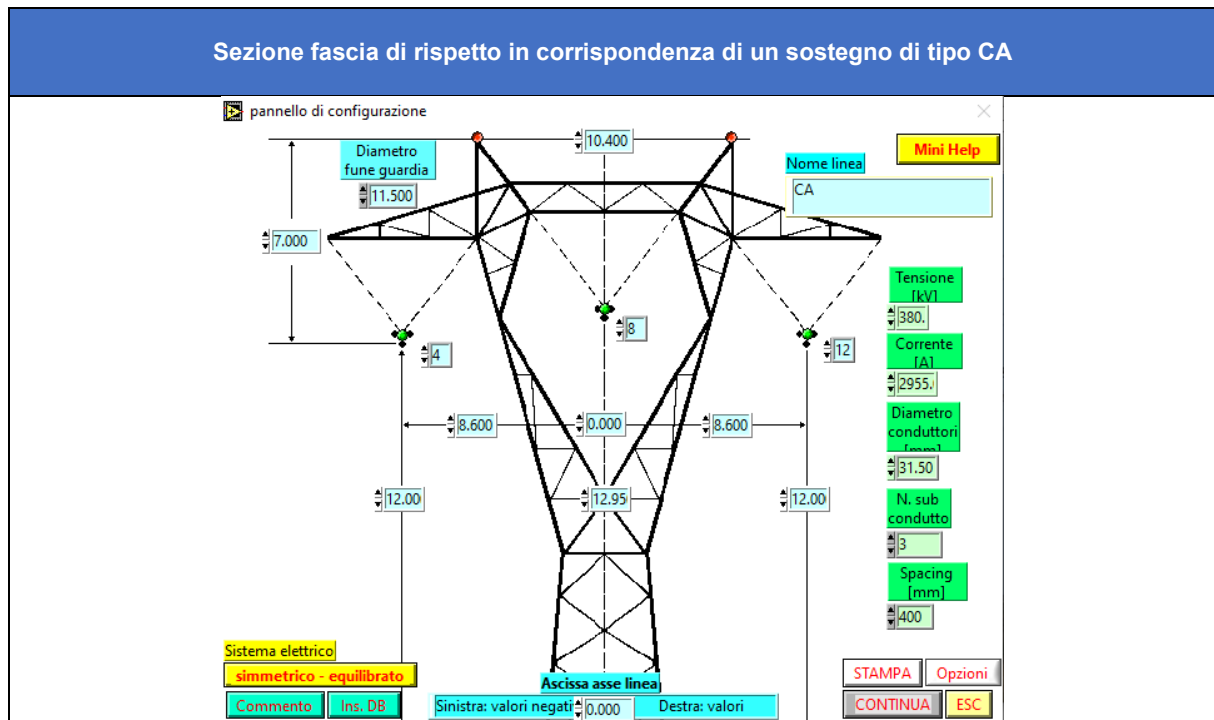


Ampiezza della fascia DPA, pari a 57 m nel lato esterno e 63.5 m nel lato interno rispetto all'asse di ciascuno dei due elettrodotti.

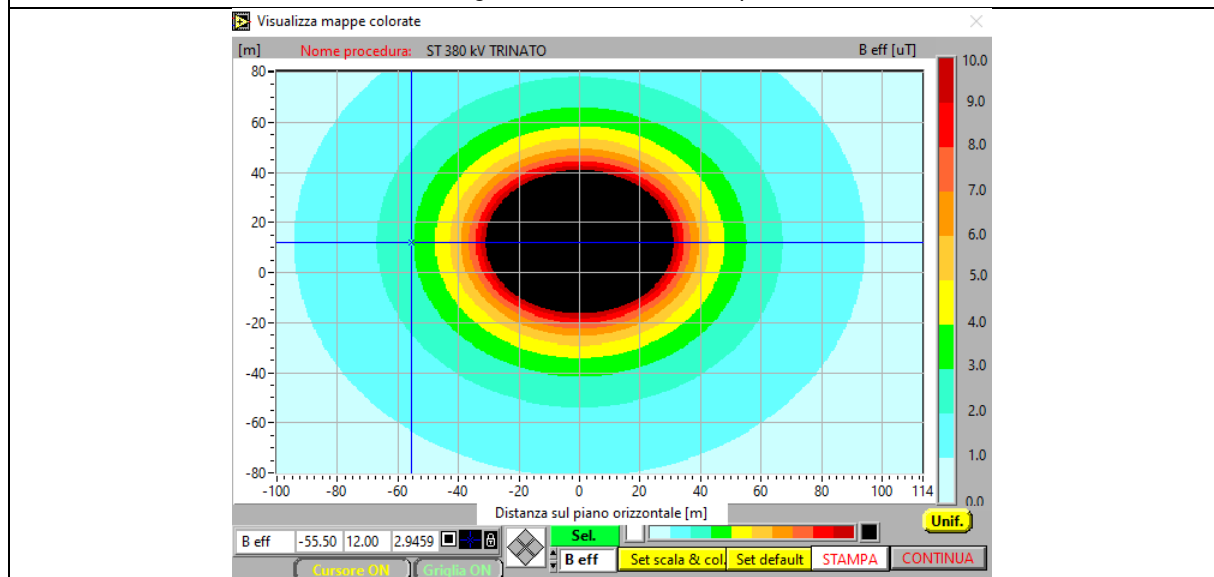
Calcolo dell'Ampiezza della fascia APA in caso di "Linea Isolata". Si è scelto di considerare la configurazione geometrica dei conduttori più sfavorevole, cioè quella con larghezza massima dei conduttori (Sostegno di tipo CA), considerando un franco rispetto al terreno di 12 m.

Nelle immagini seguenti si riporta prima la configurazione geometrica inserita e successivamente il grafico delle curve isolivello del campo elettromagnetico:

Sezione fascia di rispetto in corrispondenza di un sostegno di tipo CA



Configurazione 380kV s.t. - Tipo CA

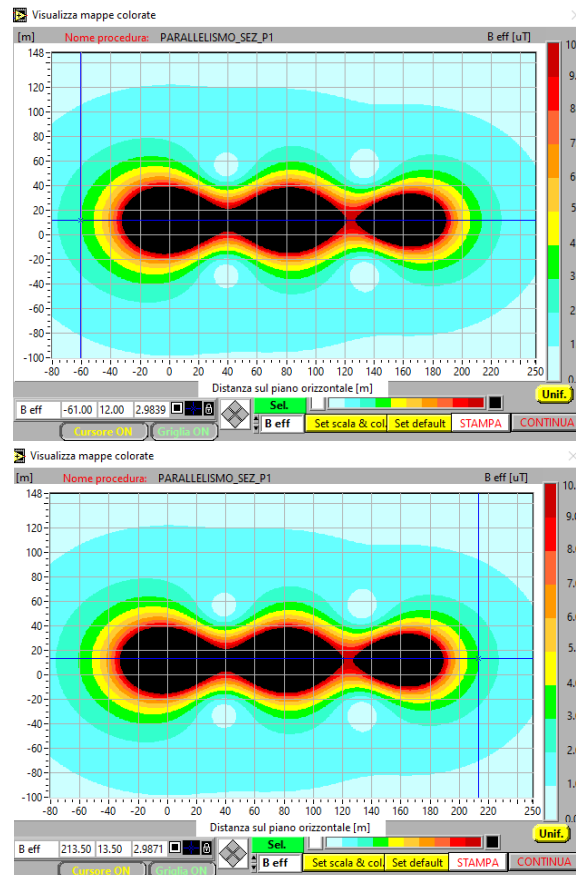


Risultati di calcolo bidimensionale della fascia di rispetto dei $3 \mu T$ (DPA=56 m+56m).

Calcolo dell'ampiezza della fascia APA in caso di parallelismo di 3 linee aeree. Nei pressi della stazione elettrica di Nurri, si diparte un'altra linea aerea a ST a 380 kV con conduttore binati, che collegherà la stazione utente di Ittiri, pertanto il campo elettromagnetico sarà generato dai 3 elettrodotti in parallelo. La configurazione geometrica è quella dei sostegni di tipo CA ST, con la portata massima in servizio nominale per un conduttore binato di diametro pari a 31.5 mm, pari a 1970 A. Per calcolare l'ampiezza della fascia DPA in questo caso si è inserita la seguente configurazione geometrica:

- ✓ ascissa 0 m: Sostegno CA ST, Tensione=380 kV, Conduttore trinato 31.5 mm, Intensità=2955 A;
- ✓ ascissa 81 m: Sostegno CA ST, Tensione=380 kV, Conduttore trinato 31.5 mm, Intensità=2955 A;

Con tale configurazione la mappa delle curve isolivello del campo elettromagnetico ottenuta è riportata nelle figure sottostanti:



Mapa delle curve equilivello del campo elettromagnetico in caso di parallelismo di 3 linee aeree a 380 kV poste ad interasse di 81 m.

L'ampiezza della fascia DPA sarà pari a 61 m esternamente all'elettrodotto posto ad ascissa 0 m, e a 51.5 m dall'elettrodotto posto in corrispondenza dell'ascissa 162 m. Siccome l'interasse tra i due elettrodotti che collegano le due stazioni in progetto è variabile, si è reso necessario calcolare l'ampiezza della fascia DPA in corrispondenza di numerose sezioni, le cui tracce vengono riportate nelle tavole allegate al progetto. In questo modo si è potuta rappresentare la DPA lungo tutto l'elettrodotto in esame. L'ampiezza della fascia APA, viene riportata nella cartografia allegata al progetto, sovrapposte alla carta tecnica regionale, nell'elaborato con denominazione: Corografia di progetto con Distanza di Prima Approssimazione. Inoltre per verificare la presenza di recettori potenzialmente sensibili, la fascia calcolata viene rappresentata sovrapposta alla planimetria catastale, suddivisa per i Comuni di appartenenza.

All'interno della fascia APA, non si segnala la presenza di alcun ricettore potenzialmente sensibile.

Conformità opera in materia di campo elettrico - elettrodotti aerei 380 kV "SE Sanluri – SE Nurri 2" Nord e Sud

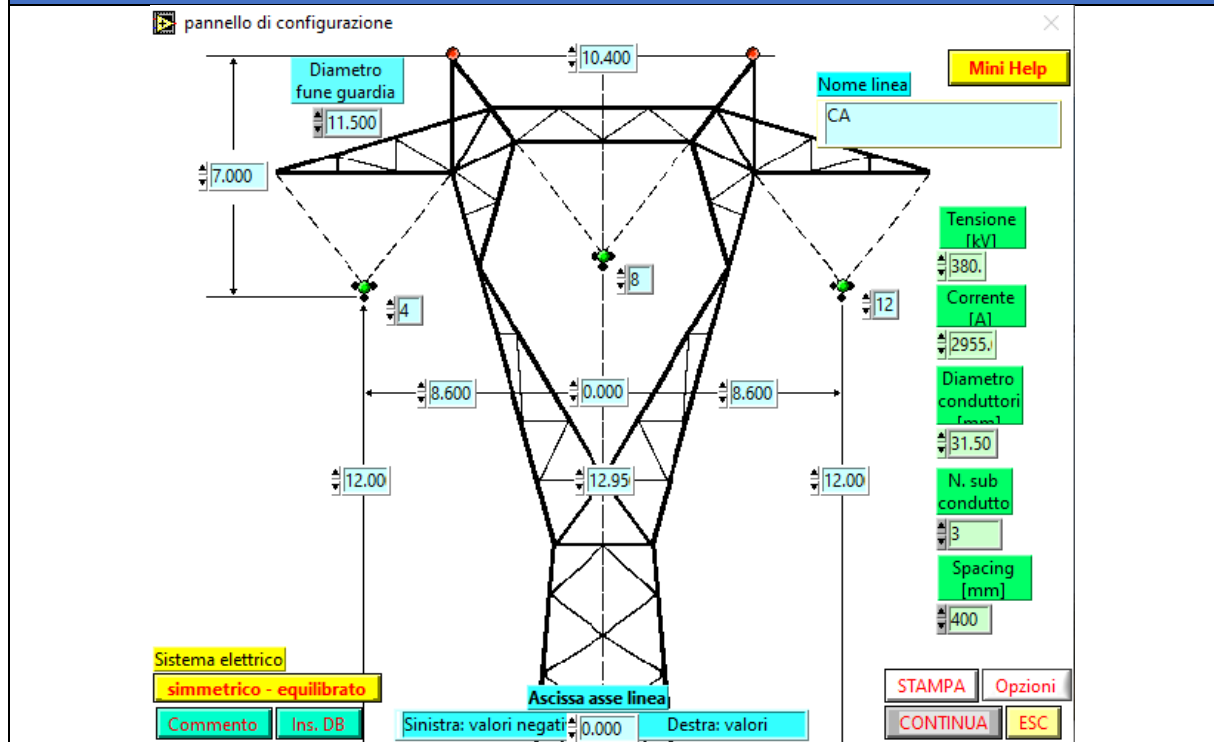
Come già affermato, ogni linea elettrica durante il suo normale funzionamento genera un campo elettrico proporzionale alla tensione della linea stessa. Il valore del campo elettrico decresce molto rapidamente con la distanza.

Utilizzando la stessa configurazione geometrica utilizzata per il calcolo dell'induzione magnetica, viene calcolato il valore di campo elettrico generato dagli elettrodotti a 1 m di altezza dal suolo. Per il calcolo è stato utilizzato il programma "EMF Vers 4.08" sviluppato per Terna da CESI in applicazione della norma CEI 211-4; inoltre, i calcoli sono stati eseguiti in conformità a quanto disposto dal D.P.C.M. 08/07/2003.

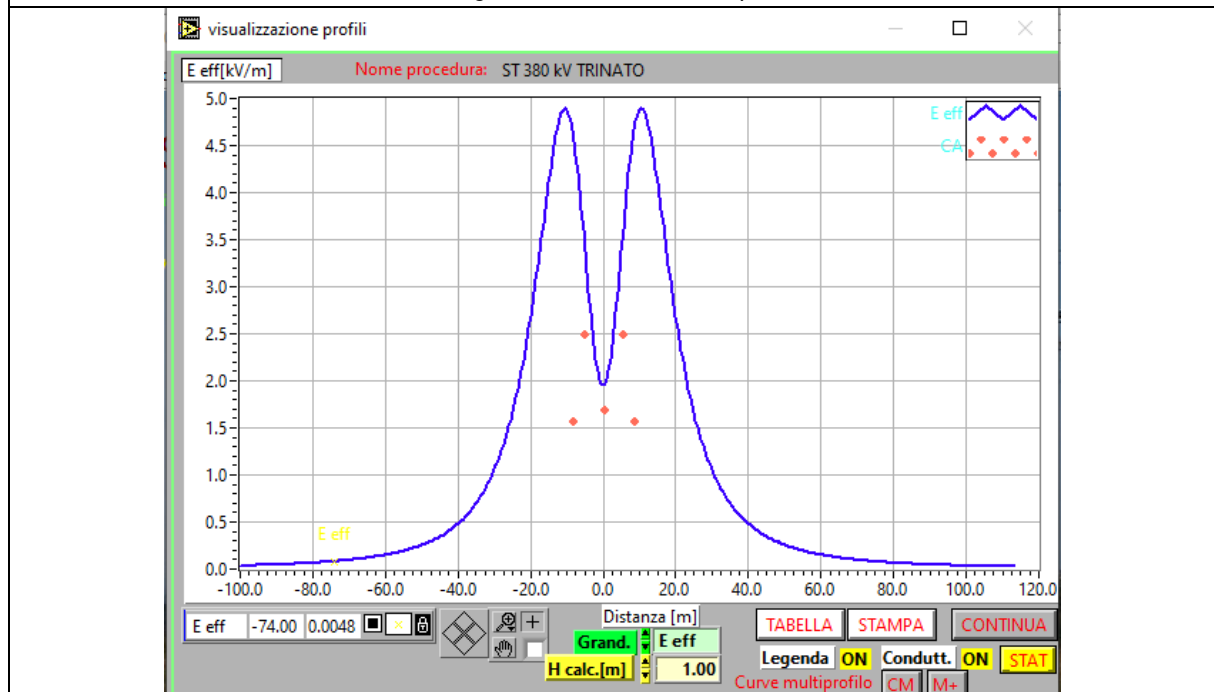
Per quanto riguarda l'altezza da terra dei conduttori degli elettrodotti in progetto, è stata considerata la distanza minima progettuale da terra, alla quale possono trovarsi i conduttori stessi. Tale distanza si verifica in condizioni di Massima Freccia che in base alle scelte progettuali risulta essere pari a 12 m.

Con tali ipotesi è stato verificato, per ogni configurazione geometrica, il pieno rispetto del limite di esposizione dettato dal DPCM dell'8 luglio 2003 (5 kV/m).

Sezione fascia di rispetto in corrispondenza di un sostegno di tipo CA ST 380 kV



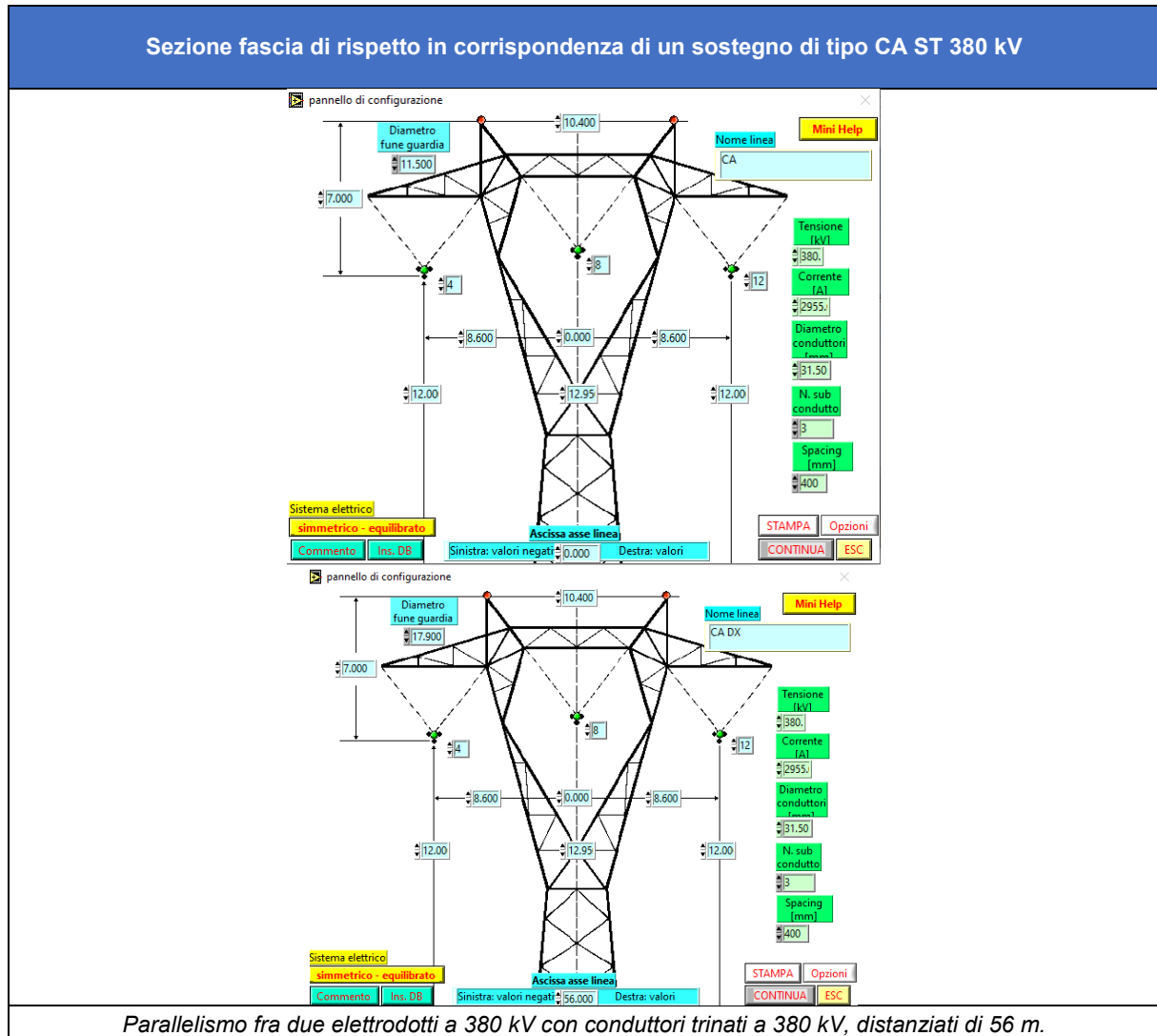
Configurazione 380kV s.t. - Tipo CA

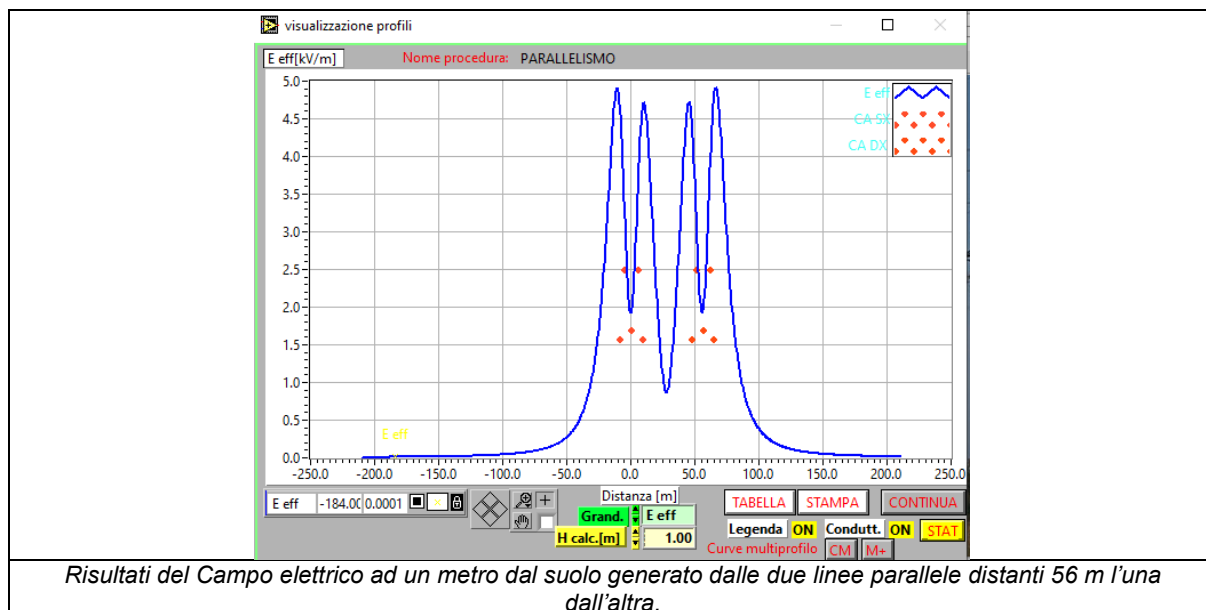


Risultati del Campo elettrico ad un metro dal suolo generato dall'elettrodotto in progetto considerando il franco minimo dei conduttori.

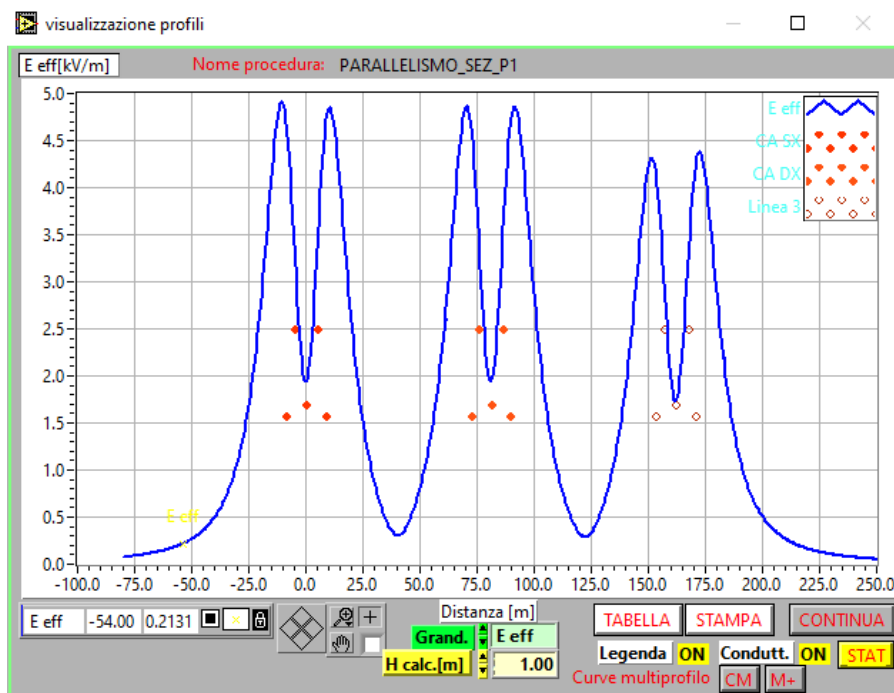
Il valore del Campo Elettrico massimo al suolo è pari a 4.9 kV/m, inferiore ai 5 kV/m imposti da normativa.

Nella figura sottostante si riporta anche il grafico del campo elettrico ad 1 metro dal suolo, generato da due linee parallele fra loro ad interasse di 56 m, analoghi andamenti si otterranno per distanze via via crescenti.





Per completezza si riporta, inoltre, il campo elettrico generato dal parallelismo di 3 linee aeree a 380 kV, esercite con la massima portata di corrente in servizio nominale in periodo freddo; con interasse pari a 81 m, configurazione presente nei pressi della stazione di Nurri:



Anche in questo caso il limite di 5 kV/m è rispettato.

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 medesimo DPCM.

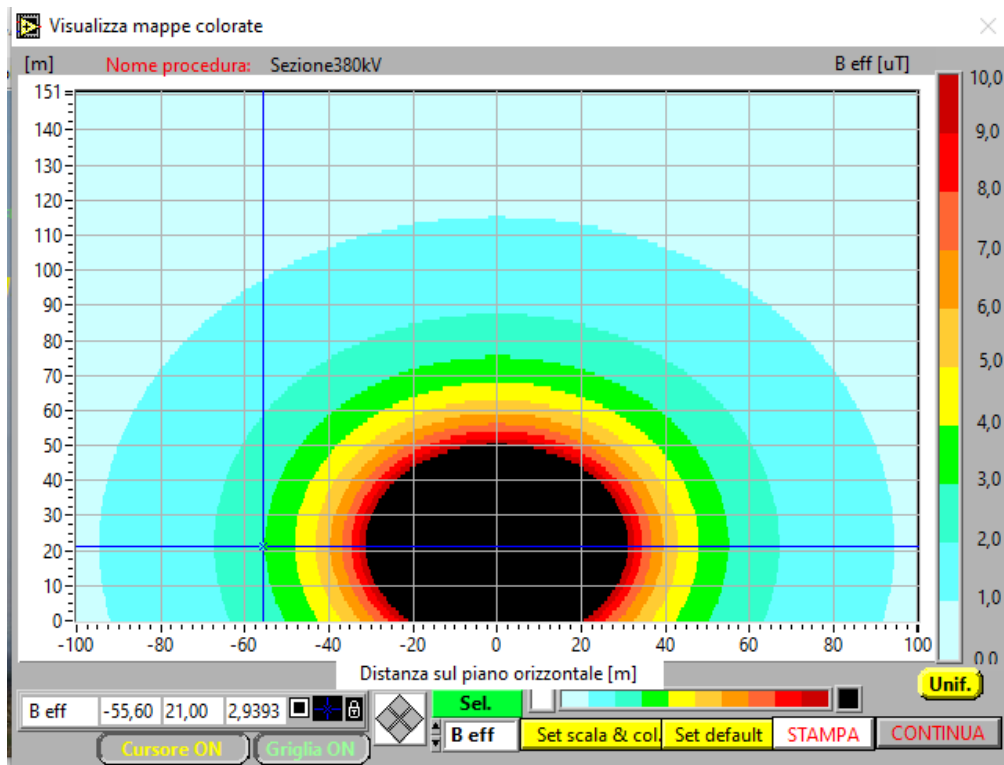
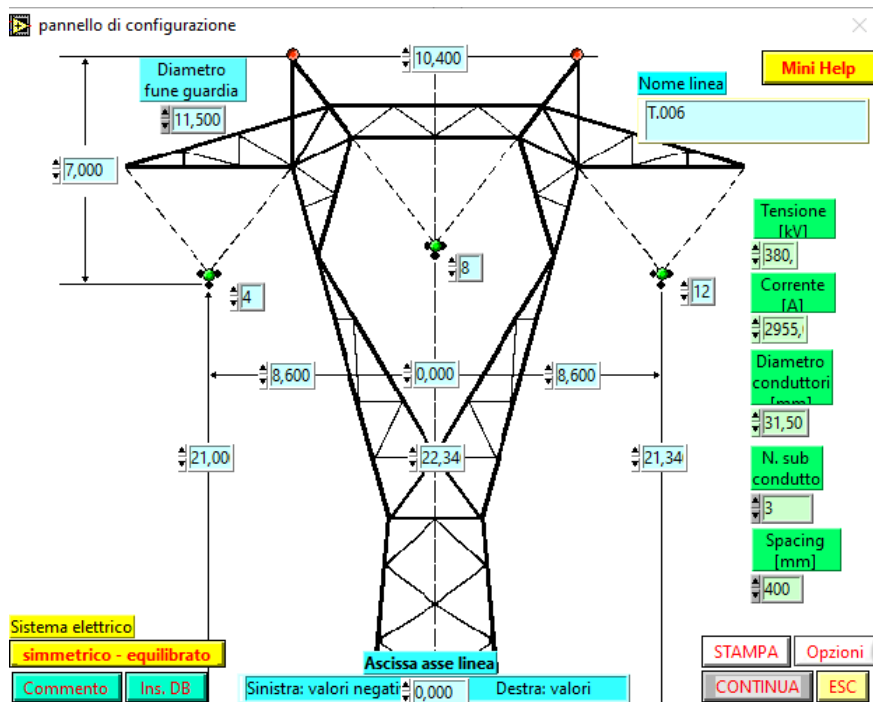
Calcolo della DPA raccordi in entra-esce 380 kV alla nuova "SE Sanluri" dell'elettrodotto 380 Kv "Ittiri-Selargius"

Correnti di calcolo

- ✓ TENSIONE NOMINALE: 380 kV
- ✓ ZONA CLIMATICA: A
- ✓ PORTATA DI CORRENTE SECONDO CEI 11-60 PER PERIODO FREDDO: **2955 A.**

Ai fini del calcolo della Apa per il progetto degli elettrodotti aerei 380 kV di raccordo tra la futura Stazione Elettrica "SE Sanluri" sita in comune di Sanluri e la linea esistente a 380 kV "Ittiri – Selargius" non sono state utilizzate delle metodologie semplificate ma è stata effettuata la proiezione al suolo della fascia calcolata impiegando poi le direttive riportate nel decreto 29 Maggio 2008 per considerare il parallelismo/incrocio con la vicina linea 220kV T.103 "Villasor-Mogorella".

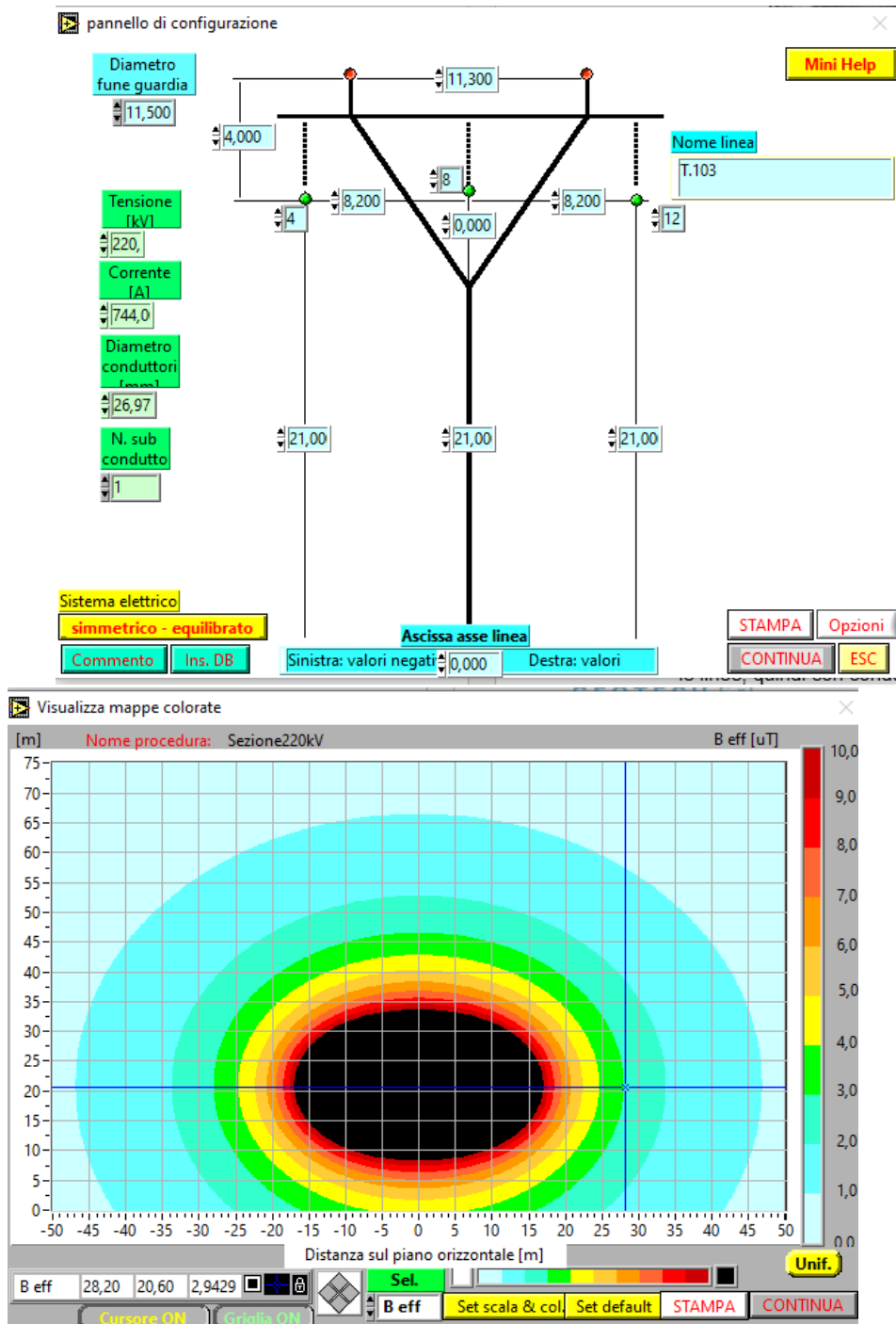
Calcolo dell'Ampiezza della fascia APA linea 380kV in caso di "Linea Isolata". Si è scelto di considerare la configurazione geometrica dei conduttori più sfavorevole, cioè quella con larghezza massima dei conduttori (Sostegno di tipo CA). Nei grafici di seguito si riporta prima la configurazione geometrica inserita e successivamente il grafico delle curve isolivello del campo elettromagnetico:



Curve isolivello generate da singola linea 380kV imperturbata. L'ampiezza della fascia APA, esternamente all'asse delle due linee è pari a 57 m

Calcolo dell'Ampiezza della fascia APA linea 220kV in caso di "Linea Isolata". Si è scelto di considerare la configurazione geometrica dei conduttori con riferimento alla geometria dei sostegni rilevata in sito. Nei grafici di

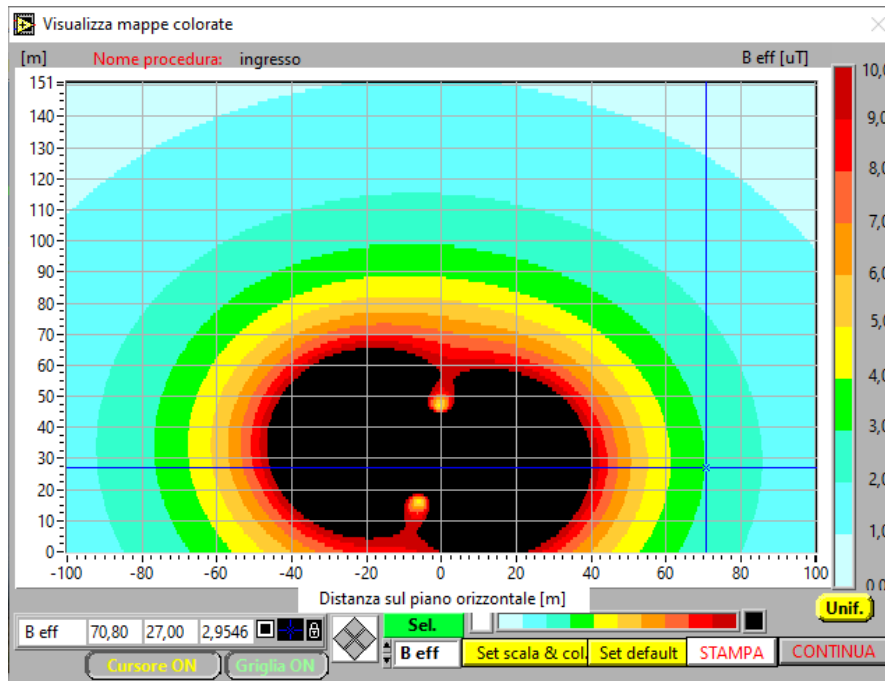
seguito si riporta prima la configurazione geometrica inserita e successivamente il grafico delle curve isolivello del campo elettromagnetico:



Curve isolivello generate da singola linea 220kV imperturbata. L'ampiezza della fascia APA, esternamente all'asse delle due linee è pari a 29 m.

Calcolo dell'Ampiezza della fascia APA parallelo linee in ingresso. Si è scelto di considerare la configurazione geometrica dei sostegni adiacenti la nuova stazione da cui verranno effettuate le calate ai portali. Nei grafici di

seguito si riporta prima la configurazione geometrica inserita e successivamente il grafico delle curve isolivello del campo elettromagnetico:



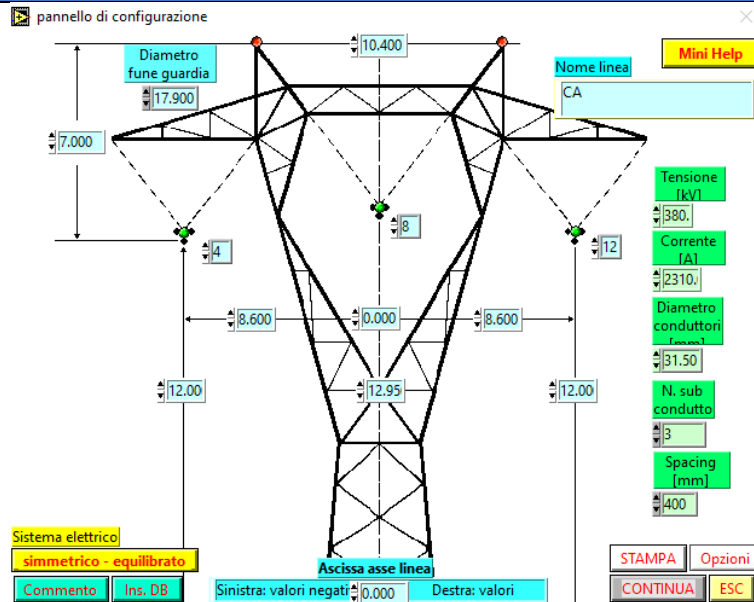
Curve isolivello generate da linee 380kV affiancate con disposizione a bandiera delle fasi. L'ampiezza della fascia APA, esternamente all'asse delle due linee è pari a 71 m da un lato e 78m dall'altro.

Alla luce delle verifiche in campo in merito alla presenza di potenziali ricettori sensibili, si può pertanto concludere che **all'interno della fascia APA, non si segnala la presenza di alcun ricettore potenzialmente sensibile.**

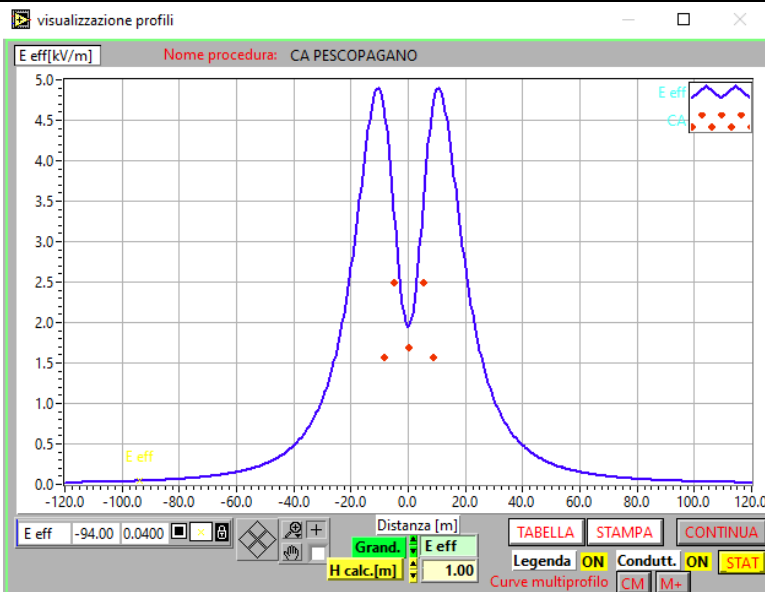
Conformità opera in materia di campo elettrico - raccordi in entra-esce 380 kV alla nuova "SE Sanluri" dell'elettrodotto 380 Kv "Ittiri-Selargius"

Con le ipotesi già considerate sopra, è stato verificato, per ogni configurazione geometrica, il pieno rispetto del limite di esposizione dettato dal DPCM dell'8 luglio 2003 (5 kV/m).

Sezione fascia di rispetto in corrispondenza di un sostegno di tipo CA



Configurazione 380kV s.t. - Tipo CA



Risultati del Campo elettrico al suolo generato dall'elettrodotto in progetto considerando il franco minimo al suolo.

Il valore del Campo Elettrico massimo al suolo è pari a 4.9 kV/m, inferiore ai 5 kV/m imposti da normativa.

Valutazione campo magnetico – Elettrodotto 380 kV di utenza misto sublacuale/ interrato

Nella presente sezione vengono riportati i risultati dei calcoli di induzione magnetica, considerando la corrente massima di progetto standard pari a 1000 A, applicata al cavo a 380 kV di sezione 1,200 mm² in rame in relazione a condizioni standard del tracciato in progetto, così come definite dalla norma CEI 11-17 e determinate in base alla normativa internazionale IEC 60287.

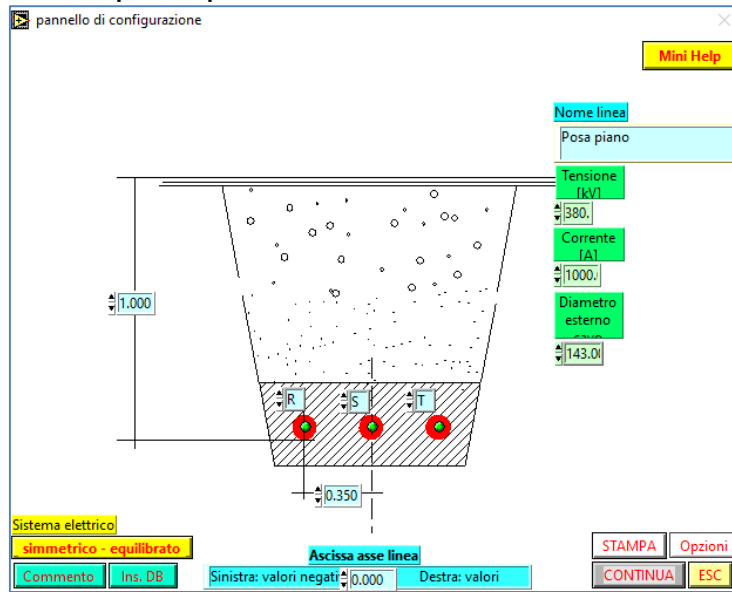
In fase esecutiva il valore di portata dovrà essere determinato con precisione, e potrebbe subire variazioni. Il cavo avrà un diametro esterno pari a 145 mm circa.

Per le linee in cavo interrato si può affermare che le due metodologie di calcolo previste dal più volte citato DM 29/05/2008, ovvero il calcolo esatto e la valutazione della 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.

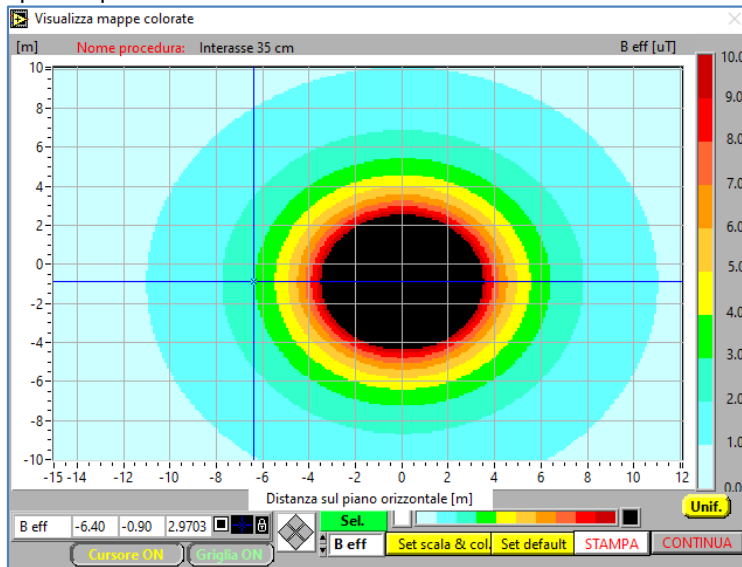
Per il calcolo, è stato utilizzato il software EMF Tools sviluppato per TERN da CESI in applicazione delle Norme CEI 106-11 e 211-4.

Nelle figure che seguono, si riportano le DPA per ogni tipologia di posa prevista in progetto. Si rappresenta, comunque, che al termine della realizzazione dell'opera si procederà alla ridefinizione delle aree di prima approssimazione in accordo all'"as built", in conformità a quanto previsto dal par. 5.1.3 dell'allegato al DM 29 maggio 2008.

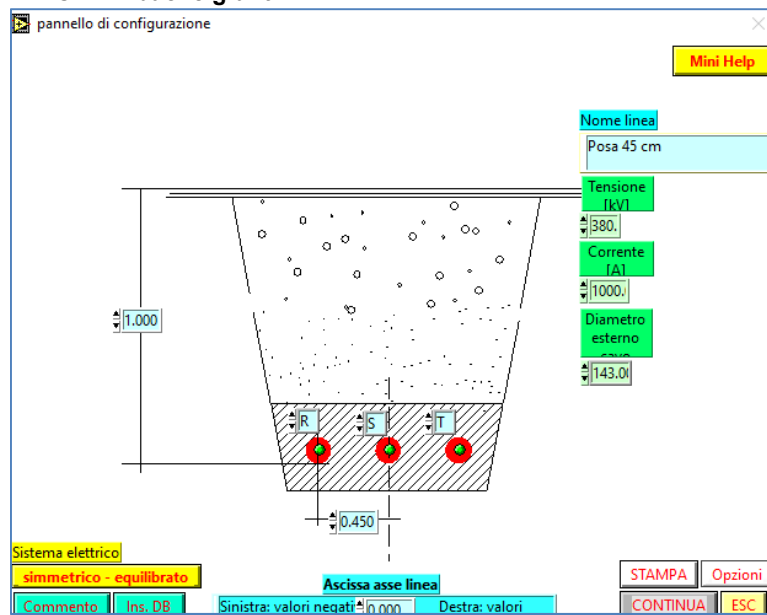
Calcolo ampiezza fascia CEM – **posa in piano**



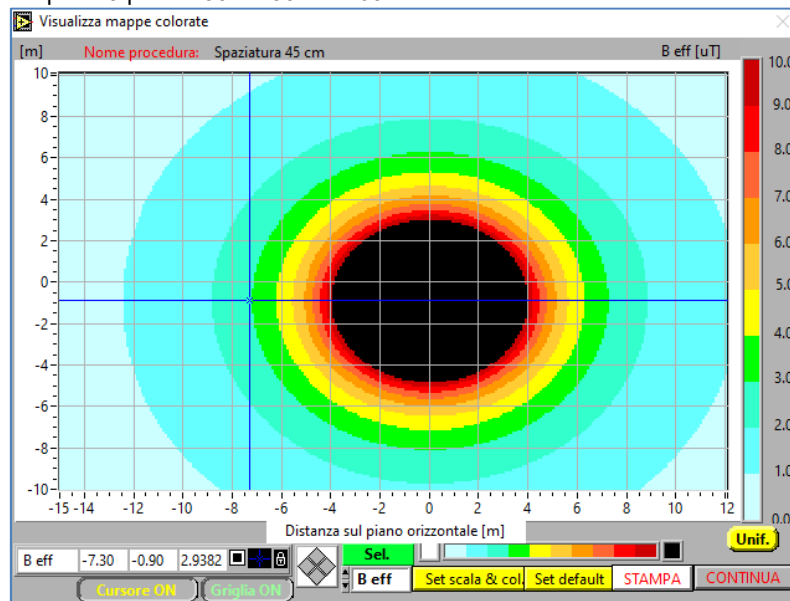
ampiezza fascia per rispetto $3 \mu T = 6.40 + 6.40 = 12.80$ metri



Calcolo ampiezza fascia CEM – buche giunti



ampiezza fascia per rispetto $3 \mu T = 7.30 + 7.30 = 14.60$ metri



Calcolo ampiezza fascia CEM – TOC:

📄 pannello di configurazione

✕ Mini Help

Nome linea

Posa piano

Tensione [kV]

▲ 380. ▼

Corrente [A]

▲ 1000. ▼

Diametro esterno

▲ 143.0 ▼

Sistema elettrico

simmetrico - equilibrato

Commento Ins. DB

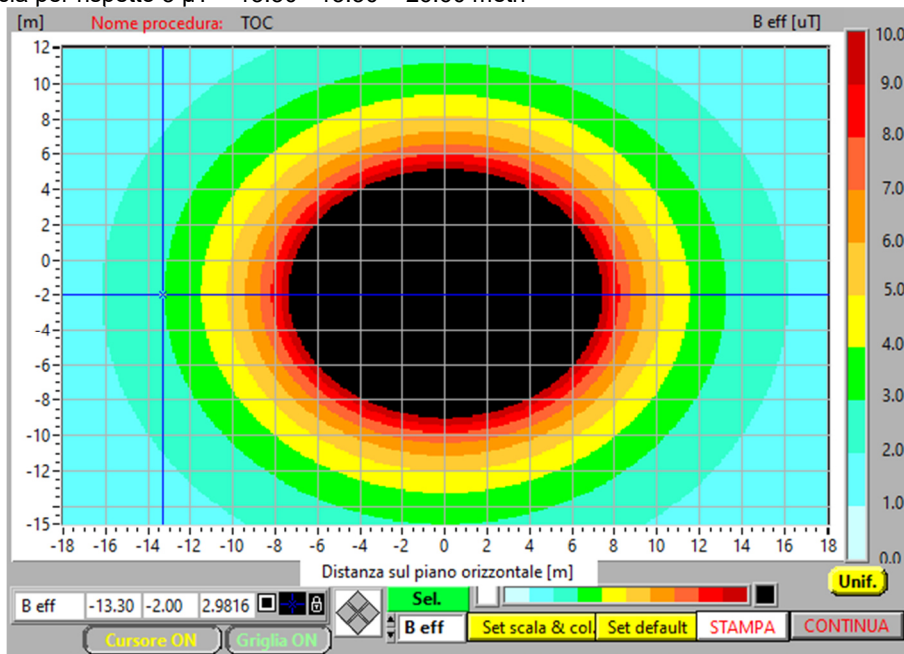
Ascissa asse linea

Sinistra: valori negati ▼ 0.000 Destra: valori

STAMPA Opzioni

CONTINUA ESC

ampiezza fascia per rispetto $3 \mu T = 13.30 + 13.30 = 26.60$ metri



Conformità opera in materia di campo elettrico – Elettrodotta 380 kV di utenza misto sublacuale/cavo interrato

I cavi AT sono isolati e sono dotati di schermo collegato a terra, di conseguenza non generano campi elettrici nell'ambiente circostante e pertanto risulta automaticamente rispettato il limite di esposizione per il campo elettrico così come previsto dalle norme di settore.

In conclusione, alla luce dei risultati delle analisi effettuate, **l'applicazione della metodologia indicata nel decreto ha permesso la definizione della distanza di prima approssimazione (DPA) all'interno della quale non sono stati individuati ricettori potenzialmente sensibili (aree in cui si prevede una permanenza di persone per più di 4 ore nella giornata) e quindi il pieno rispetto dell'obiettivo di qualità.** Infatti, il tracciato del cavo AT si sviluppa prevalentemente lungo la viabilità comunale, provinciale o statale o in aree destinate a coltivo e comunque lontane da qualsiasi centro abitato o area densamente popolata.

valutazione campo magnetico – Stazioni Elettriche

Metodo di calcolo utilizzato

La metodologia di calcolo utilizzata è basata sull'algoritmo bidimensionale normalizzato nella CEI 211-4. In particolare il campo di induzione magnetica viene simulato utilizzando un algoritmo numerico basato sulla legge di Biot-Savart, mentre il campo elettrico viene simulato a mezzo di calcoli basati sul metodo delle cariche immagini. Alla frequenza di rete (50 Hz), il regime elettrico è di tipo quasi stazionario, e ciò permette la trattazione separata degli effetti delle componenti del campo elettrico e del campo magnetico. Questi ultimi in un punto qualsiasi dello spazio in prossimità di un elettrodotto trifase sono le somme vettoriali dei campi originati da ciascuna delle tre fasi e sfasati fra loro di 120° . In questo caso il calcolo è bidimensionale, e viene modellizzato considerando conduttori di lunghezza infinita e con direzione perfettamente ortogonale al piano.

Per i calcoli è stato utilizzato il programma di simulazione "EMF Tools 4.2.2" sviluppato per TERNA dal CESI procedendo sia al calcolo della fascia di rispetto, e di conseguenza determinando la DPA, sia al calcolo del campo elettrico a 1 m dal suolo. Per le fasce di rispetto, sono utilizzati i seguenti dati:

- ✓ Portata di corrente massima per ciascun elemento;
- ✓ Diametro, materiali e disposizioni geometriche come da progetto;
- ✓ Profondità/altezza dei conduttori rispetto al suolo;

L'ipotesi fondamentale alla base del calcolo delle fasce di rispetto consiste nel calcolare il campo elettromagnetico generato dai due gruppi sbarre a 380 kV e a 150 kV, considerando la portata massima di corrente che scorre con verso concorde tra le sbarre stesse. Tale ipotesi è fortemente cautelativa poiché la probabilità che nei 4 gruppi sbarra circolino la corrente massima ammissibile in senso concorde è del tutto irrealistica. Inoltre si sottolinea come, in generale, Terna (ente gestore della RTN) ha dimostrato che generalmente la fascia DPA rimane all'interno della stazione con qualsiasi condizione di corrente circolante). Entrando nel merito del calcolo, mediante il software EMF Tools 4.2.2, si sono calcolate le curve equilivello del campo magnetico.

In particolare, nella sezione vengono modellate le 4 sbarre, come da configurazione geometrica seguente:

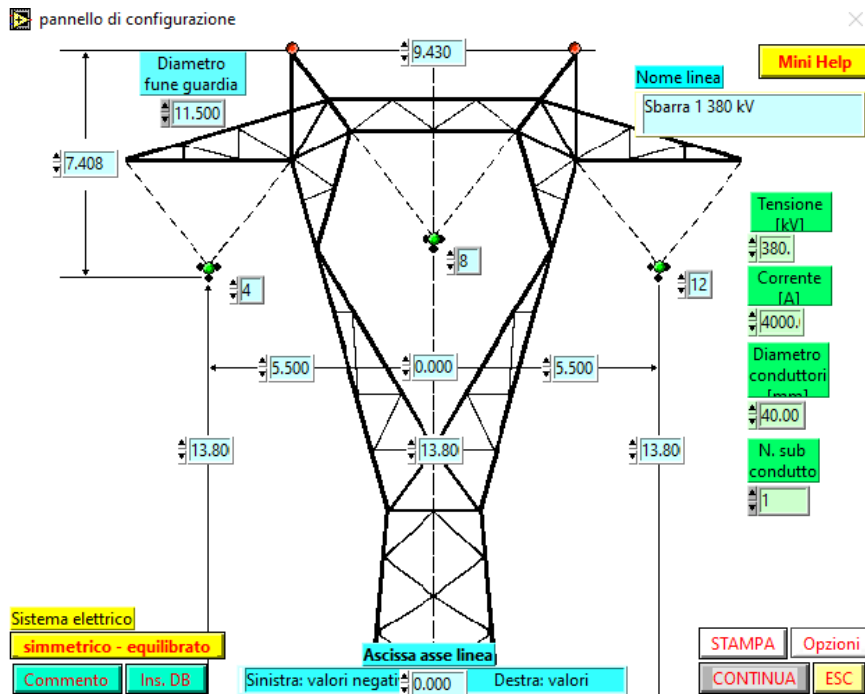


Sezione di calcolo A-A riportata in planimetria

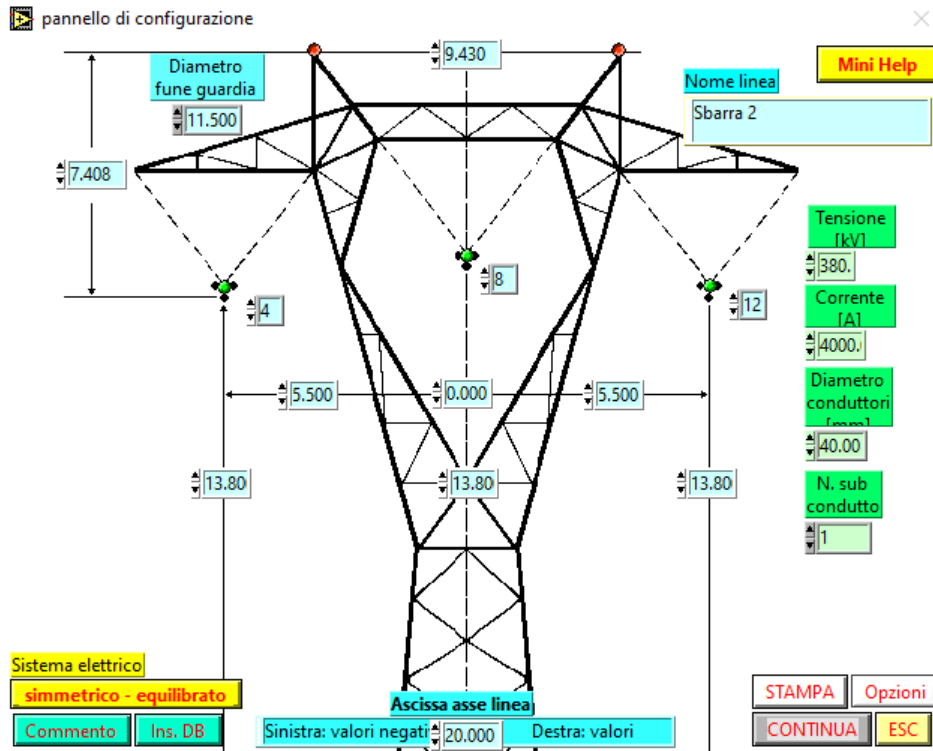
Ogni gruppo sbarre della sezione 380 kV ha distanze reciproche di 5.50 m, mentre i due gruppi distano fra loro 22 m. Esse sono posizionate a 13.8 m dal suolo. A più di 125 m dal primo gruppo sbarre sono ubicate quelle a 150 kV, con un'altezza dal suolo di 7.5 m, distanze reciproche tra le sbarre 2.20 m e un interasse di 10.4 m. La portata di corrente è quella massima prevista su ciascuna sbarra e la disposizione delle fasi su ciascun gruppo sbarra, partendo da sinistra verso destra è la seguente: 4-12-8.

Calcolo della DPA Stazioni Elettriche 380/150 kV "SE Nurri 2" e "SE Sanluri"

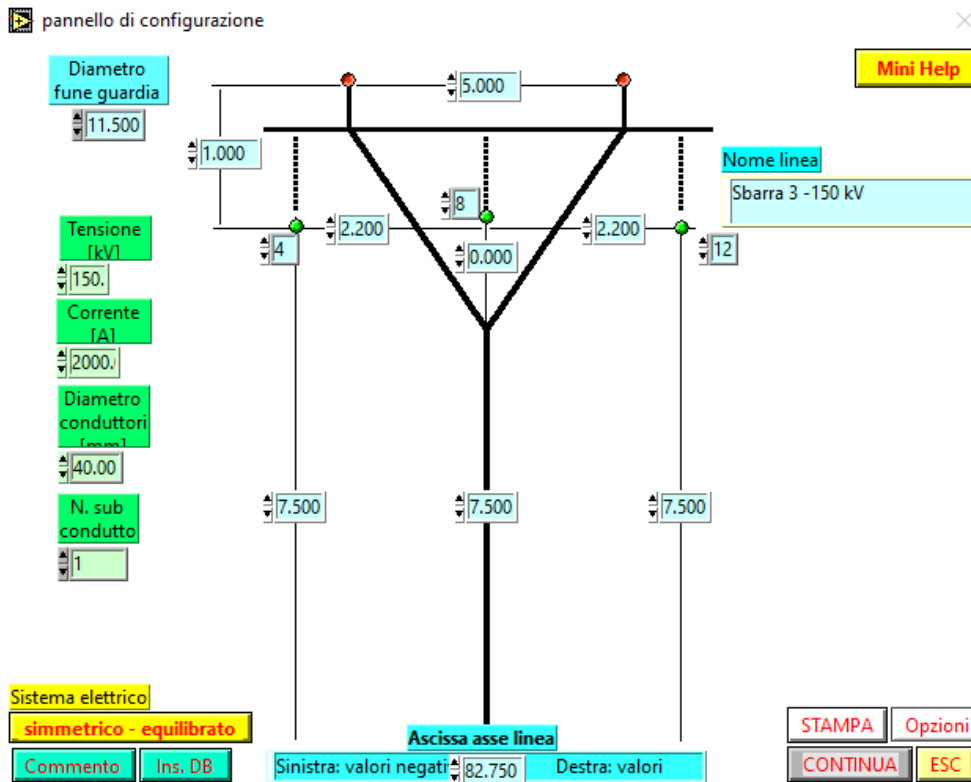
Il campo elettromagnetico generato è dato dalla somma delle seguenti 4 configurazioni:



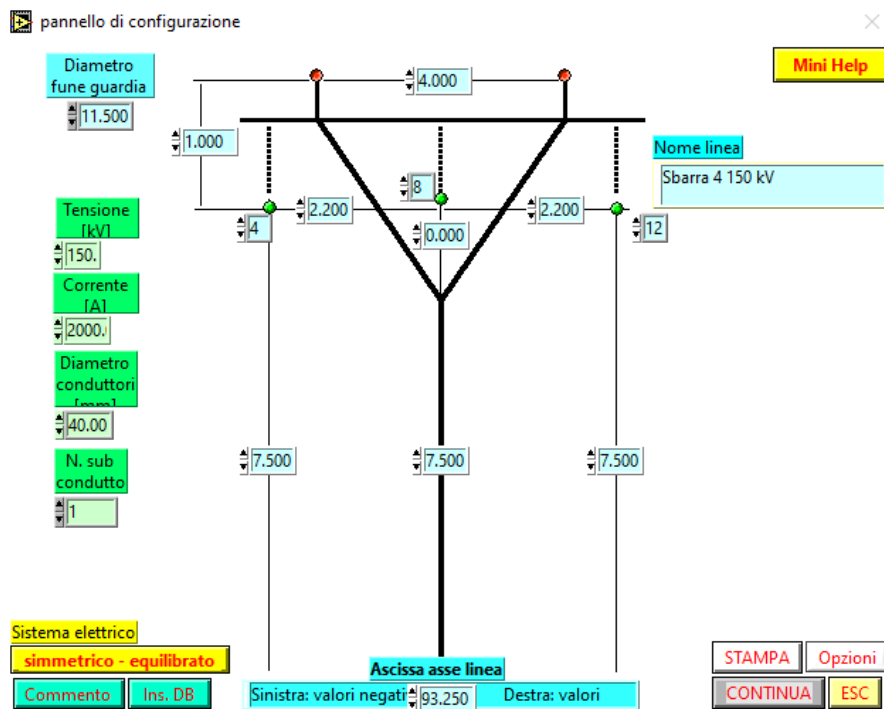
Configurazione geometrica sbarra 1



Configurazione geometrica sbarra 2

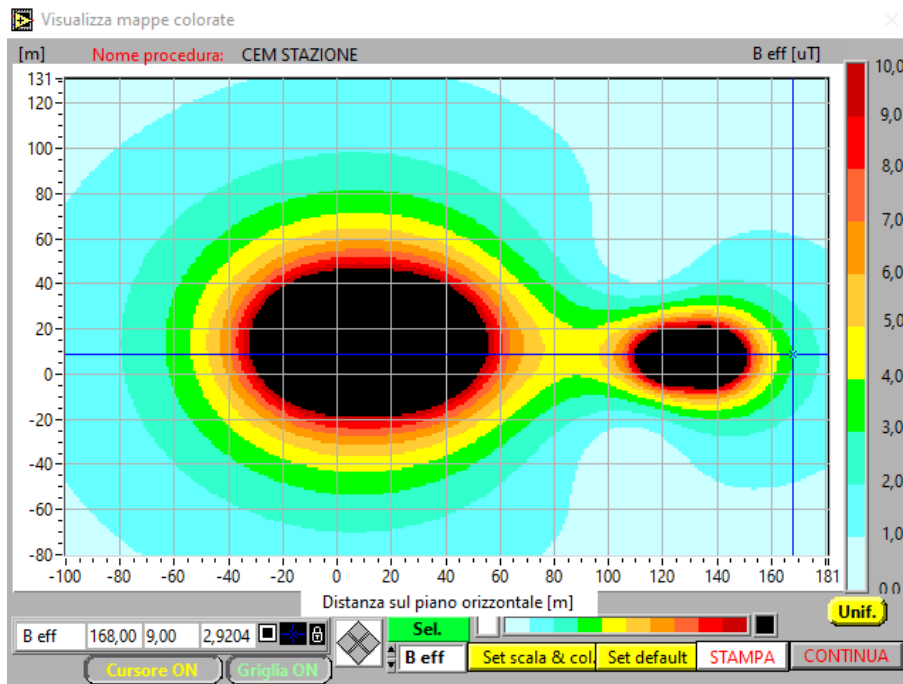


Configurazione geometrica sbarra 3



Configurazione geometrica sbarra 4

Ovviamente nelle figure precedenti è riportata la sagoma di un traliccio, unica rappresentazione schematica presente nel software di calcolo, quindi con la presenza anche di funi di guardia, totalmente ininfluenti ai fini del calcolo. Nella figura seguente si riportano le curve isolivello del campo elettromagnetico generato, ponendo la progressiva 0 in corrispondenza della sbarra centrale 1.

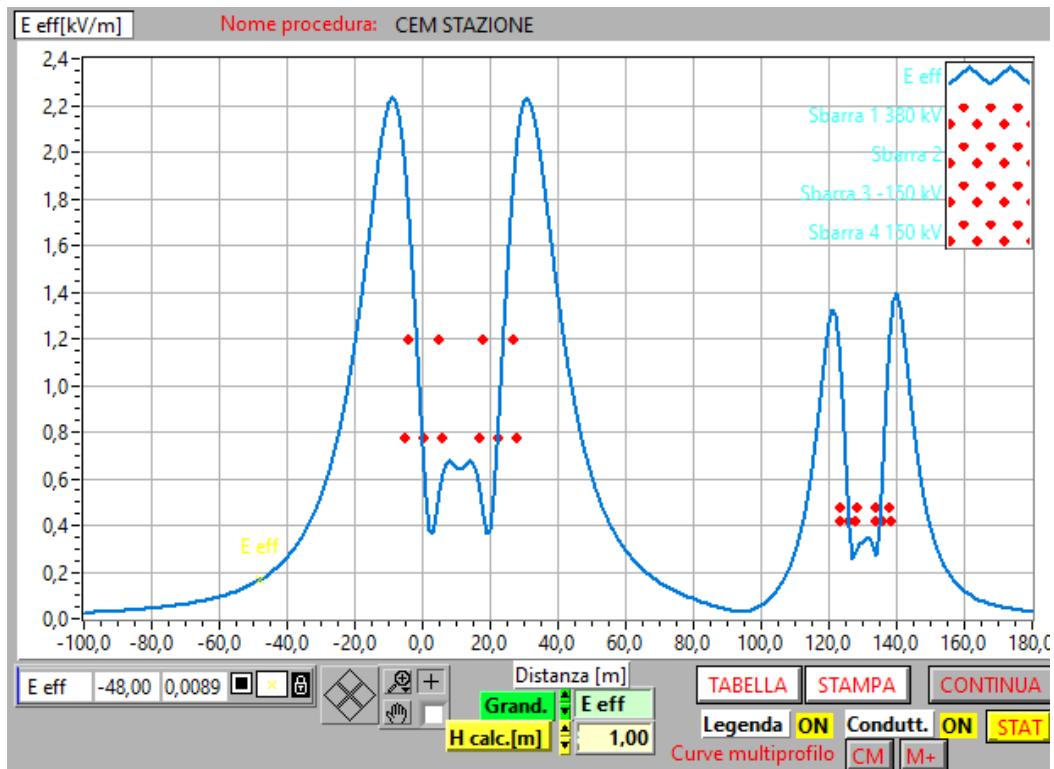


Campo elettromagnetico generato dalle 4 sbarre con verso della corrente concorde

Quindi, l'ampiezza della fascia APA ha estensione di 168 m verso destra dal centro della sbarra 1, mentre verso sinistra è pari a 65 m. Internamente alle sbarre il campo è sempre maggiore di $3 \mu\text{T}$.

Mediante queste simulazioni si è potuto rappresentare l'area caratterizzata da valori del campo elettromagnetico superiore a $3 \mu\text{T}$ in caso di circolazione della corrente massima nelle sbarre con verso concorde nei gruppi sbarra a 150 e 380 kV.

Per le stesse configurazioni geometriche si è valutato anche l'andamento del campo elettrico ad 1 m dal suolo, riportato nell'immagine seguente.



. Campo elettrico lungo la sezione A-A, generato dalle 4 sbarre, sempre inferiore a 2.5 kV/m.

In conclusione, i livelli d'induzione magnetica, corrispondenti ai valori di corrente presunta circolanti negli stalli e nelle sbarre, confermano che i valori rientrano entro le soglie legislative di riferimento.

Si evidenzia come, anche con le correnti nominali, gli effetti dovuti alla stazione, al di fuori della sua recinzione determinano in generale valori del campo magnetico B inferiori a 10 μ T ed in generale rispettano gli obiettivi di qualità dei 3 μ T nei confronti degli edifici limitrofi.

Si rappresenta che i calcoli sono stati effettuati con riferimento a condizioni cautelative, prendendo per la sezione AT a 380 kV la corrente nominale delle sbarre (4000 A) e per la sezione a 150 kV una corrente massima di 2000 A.

In riferimento ai campi elettrici, considerati i livelli di tensione, la disposizione dei conduttori e gli schermi delle varie parti presenti nelle aree di impianto, vengono confermati i modelli disponibili in letteratura tecnica, per cui i calcoli effettuati evidenziano il non superamento del valore limite di 5 kV/m, ancor meno al di fuori della recinzione di stazione.

Pertanto, alla luce delle analisi effettuate, si può concludere che **l'impatto complessivo relativo alla componente analizzata può ritenersi nel complesso NON RILEVANTE.**

