



**REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA  
COMUNE DI CHEREMULE**



**Provincia di Sassari (SS)**

**PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN CAVIDOTTO  
PER LA CONNESSIONE DI UN IMPIANTO FV ALLA RTN**

Potenza Nominale 37.00 MW – Tensione Nominale: 36 kV

(Impianto Agro-Fotovoltaico “CHERMULE” in Loc. Perda Chessa e Su Campu)

	<p><b>Coordinamento Progettisti</b></p> <p><b>INNOVA SERVICE S.r.l.</b> Via Santa Margherita n. 4 - 09124 Cagliari (CA) P.IVA 03379940921, PEC: <a href="mailto:innovaserviceca@pec.it">innovaserviceca@pec.it</a></p>	<p><b>Gruppo di lavoro VIA (S.I.G.E.A. S.r.l.)</b> Dott. Geol. Luigi Maccioni - Coordinamento VIA Ing. Manuela Maccioni - Paesaggio Dott. Agr. Vincenzo Satta- Fauna Flora Vegetazione Dott. Stefano Cherchi - Archeologia Dott. Geol. Stefano Demontis – Georisorse Dott. Geol. Valentino Demurtas – Georisorse</p>
	<p><b>Coordinamento gruppo di lavoro VIA</b></p> <p><b>S.I.G.E.A. S.r.l.</b> Via Cavalcanti n. 1 - 09047 Selargius (CA) P.IVA 02698620925, PEC: <a href="mailto:sigeamaccioni@pec.it">sigeamaccioni@pec.it</a></p>	<p><b>Gruppo di lavoro Progettazione Agronomica</b> Agr. Stefano Atzeni – Agronomo</p>
	<p><b>Committente - Sviluppo progetto FV:</b></p> <p><b>BETA TORO S.r.l</b> Via Mercato n. 3/5 - 20121 Milano (MI) P.IVA 12032630969, PEC: <a href="mailto:betatorosrl@lamiapec.it">betatorosrl@lamiapec.it</a></p>	<p><b>Gruppo di lavoro Progettazione Elettrica</b> Ing. Claudio Sorgia – Ing. Elettrico Ing. Giambattista Tore – Ing. Elettrico</p> <p><b>Altri Progettisti</b> Ing. Luca Marmocchi – Ing. Civile - Strutturista Arch. Giorgio Roberto Porgiglia – Progettista Geom. Aurora Melis – Progettista</p>
	<p><b>Sviluppo progetto Agricolo:</b></p> <p><b>Azienda Agricola Lotta Marco Michele</b> Via Ponti sa Murta n. 21 - 09097 San Nicolò D'Arcidano (OR) P.IVA 01134970951, PEC: <a href="mailto:marcomichelelotta@pec.it">marcomichelelotta@pec.it</a></p>	<p><b>Rilievo Plano-altimetrico - La SIA S.p.a.</b> Viale Luigi Schiavonetti n. 286 – Roma (RM) P.IVA 08207411003, PEC: <a href="mailto:direzione.lasia@pec.it">direzione.lasia@pec.it</a></p>

Elaborato

**RELAZIONE TECNICA LINEA DI CONNESSIONE ALLA RTN**

Codice elaborato		Scala		Formato
REL_PE_CONN				
REV.	DATA	ESEGUITO	VERIFICATO	APPROVATO
00	Dicembre 2023	Ing. Silvio Matta		BETA TORO S.r.l.

Note



**INDICE**

<b>1. PREMESSA.....</b>	<b>8</b>
<b>2. MOTIVAZIONI DELL'OPERA .....</b>	<b>9</b>
<b>3. CAVIDOTTO.....</b>	<b>10</b>
3.1. PERCORSO DEL TRACCIATO .....	10
3.2. CRITERI DI SCELTA DEL TRACCIATO .....	14
3.3. AREE IMPEGNATE E FASCE DI RISPETTO .....	14
3.4. QUADRO NORMATIVO .....	15
<b>4. IL PROGETTO DELL'ELETTRODOTTO.....</b>	<b>16</b>
4.1. PREMESSA.....	16
4.2. CARATTERISTICHE ELETTRICHE DEL COLLEGAMENTO IN CAVO – TRATTO A 36 KV .....	17
4.3. COMPOSIZIONE DEL COLLEGAMENTO .....	20
4.4. MODALITÀ DI POSA E DI ATTRAVERSAMENTO.....	20
4.4.1. Temperature di posa.....	21
4.4.2. Raggi di curvatura dei cavi .....	21
4.4.3. Sollecitazione a trazione .....	22
4.4.4. Cavi interrati .....	22
4.4.5. Cavi muniti di guaina.....	23
<b>5. PROTEZIONE CONTRO LE SOVRACCORRENTI.....</b>	<b>23</b>
5.1. EFFETTI TERMICI.....	23
5.2. EFFETTI DINAMICI .....	24
5.3. DISPOSITIVI DI PROTEZIONE .....	24
5.4. PROTEZIONE CONTRO LE CORRENTI DI CORTOCIRCUITO .....	24
5.5. PROTEZIONE CONTRO LE CORRENTI DI SOVRACCARICO .....	24
<b>6. PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI DIRETTI E INDIRETTI .....</b>	<b>25</b>
6.1. USO DEI RIVESTIMENTI METALLICI DEI CAVI COME PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI DIRETTI E INDIRETTI	25
6.2. MESSA A TERRA DEL RIVESTIMENTO METALLICO DEI CAVI .....	25
6.3. LAVORI SU LINEE IN CAVO .....	26

6.4.	MESSA A TERRA DELLE PARTI METALLICHE DELLE CANALIZZAZIONI .....	26
<b>7.</b>	<b>MISURE DI PROTEZIONI DEI CAVI .....</b>	<b>26</b>
7.1.	PROTEZIONE MECCANICA BASE.....	26
7.2.	PROTEZIONE CONTRO LE VIBRAZIONI.....	26
7.3.	PROTEZIONE CONTRO LE SOLLECITAZIONI TERMICHE ESTERNE .....	27
7.4.	ESPOSIZIONE ALL'ACQUALE CONDIZIONI DI ESPOSIZIONI ALL'ACQUA NELLE QUALI I DIVERSI TIPI DI CAVO POSSONO ESSERE IMPIEGATI.....	27
7.5.	DRENAGGI.....	27
7.6.	ESPOSIZIONE ALLA PRESENZA DI FLORA .....	27
7.7.	ESPOSIZIONE ALLA PRESENZA DI FAUNA .....	27
<b>8.</b>	<b>COESISTENZA TRA CAVI DI ENERGIA ED ALTRI SERVIZI TECNOLOGICI INTERRATI.....</b>	<b>28</b>
8.1.	COESISTENZA TRA CAVI DI ENERGIA E TELECOMUNICAZIONE .....	28
8.1.1.	Incroci tra cavi.....	28
8.1.2.	Parallelismi fra cavi .....	28
8.1.3.	Coesistenza tra cavi di energia e cavi di comando e segnalamento .....	29
8.2.	COESISTENZA TRA CAVI DI ENERGIA E TUBAZIONE O SERBATOI METALLICI, INTERRATI .....	29
8.2.1.	Incroci fra cavi di energia e tubazioni metalliche, interrati .....	29
8.2.2.	Parallelismi fra cavi di energia e tubazioni metalliche, interrati.....	30
8.3.	COESISTENZA TRA CAVI DI ENERGIA E GASETTI.....	30
8.4.	SERBATOI DI LIQUIDI E GAS INFIAMMABILI .....	30
<b>9.</b>	<b>ATTRAVERSAMENTI DI LINEE IN CAVO CON FERROVIE, TRANVIE, FILOVIE, FUNICOLARI TERRESTRI, AUTOSTRADE, STRADE STATALI E PROVINCIALI.....</b>	<b>31</b>
<b>10.</b>	<b>PRESCRIZIONI SULLA DETERMINAZIONE DELLE DISTANZE .....</b>	<b>31</b>
10.1.	CAMPI ELETTROMAGNETICI .....	31
10.1.1.	Campi elettrici dovuti a linee in cavo schermato .....	31
10.1.2.	Campi magnetici dovuti a linee in cavo interrate .....	32
<b>11.</b>	<b>ACCESSORI .....</b>	<b>32</b>
11.1.	SCELTA IN RELAZIONE ALLE CONDIZIONI DI POSA E DI ESERCIZIO .....	32
11.2.	SCELTA DEGLI ACCESSORI IN RELAZIONE ALLE TENSIONI.....	32

11.3.	SCELTA DEGLI ACCESSORI IN RELAZIONE A CONDIZIONI DI CORRENTE DI CORTOCIRCUITO .....	33
11.4.	CONNESSIONI.....	33
11.5.	ISOLAMENTO .....	33
11.6.	CONDIZIONI DI POSA.....	33
12.	<b>COLLAUDO DOPO POSA .....</b>	<b>34</b>
12.1.	COLLAUDO DOPO POSA.....	34
12.2.	PROVA DI TENSIONE APPLICATA.....	34
13.	<b>SISTEMA DI TELECOMUNICAZIONI.....</b>	<b>35</b>
14.	<b>RUMORE .....</b>	<b>35</b>
15.	<b>CAMPI ELETTRICI E MAGNETICI .....</b>	<b>35</b>
15.1.	RICHIAMI NORMATIVI .....	36
15.2.	IPOTESI DI CALCOLO .....	37
15.3.	CONFIGURAZIONI DI CARICO .....	37
15.4.	CONCLUSIONI.....	39
16.	<b>REALIZZAZIONE DELL'OPERA .....</b>	<b>40</b>
16.1.	FASI DI COSTRUZIONE .....	40
16.2.	REALIZZAZIONE DELLE INFRASTRUTTURE TEMPORANEE DI CANTIERE PER LA POSA DEL CAVO .....	40
16.3.	APERTURA DELLA FASCIA DI LAVORO E SCAVO DELLA TRINCEA .....	40
16.4.	POSA DEL CAVO.....	41
16.5.	RICOPERTURA E RIPRISTINI .....	41
16.6.	SCAVO DELLA TRINCEA IN CORRISPONDENZA DEI TRATTI LUNGO PERCORSO STRADALE .....	42
16.7.	TRIVELLAZIONE ORIZZONTALE CONTROLLATA.....	42
16.8.	SICUREZZA NEI CANTIERI .....	42
17.	<b>NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....</b>	<b>43</b>
17.1.	LEGGI .....	43
17.2.	NORME TECNICHE .....	44
18.	<b>VALUTAZIONE DEGLI IMPATTI.....</b>	<b>45</b>
18.1.	PREMESSA.....	45
19.	<b>INQUADRAMENTO TERRITORIALE.....</b>	<b>46</b>
20.	<b>CAVIDOTTO.....</b>	<b>47</b>

<b>20.1 -QUADRO NORMATIVO .....</b>	<b>47</b>
<b>20.2 - CRITERI DI SCELTA DEL TRACCIATO .....</b>	<b>48</b>
<b>20.3 – PERCORSO DEL TRACCIATO .....</b>	<b>49</b>
<b>20.4 – IL CONTESTO GEOLOGICO .....</b>	<b>50</b>
20.4.1.    Formazioni geologiche.....	50
20.4.2.    Cenozoico: .....	50
20.4.3.    Contesto geologico dell'area di progetto .....	52
<b>20.5 – USO DEL SUOLO .....</b>	<b>53</b>
<b>21. ANALISI DEI LIVELLI DI TUTELA E PIANIFICAZIONE TERRITORIALE.....</b>	<b>54</b>
<b>21.1 - PREMESSA.....</b>	<b>54</b>
<b>21.2 - PIANO PAESAGGISTICO REGIONALE (PPR) .....</b>	<b>54</b>
21.3- ASSETTO AMBIENTALE .....	55
21.4- ASSETTO STORICO-CULTURALE .....	58
21.5- ASSETTO INSEDIATIVO .....	61
<b>21.6 - PIANO ASSETTO IDROGEOLOGICO (PAI).....</b>	<b>62</b>
<b>21.7 - ECOSISTEMA FAUNA FLORA-VEGETAZIONE .....</b>	<b>63</b>
<b>21.8 - IMPATTI E MISURE DI MITIGAZIONE .....</b>	<b>64</b>
21.8.1.    Alterazione Ecosistema .....	64
21.8.2.    – Accumulo terre da scavo .....	64
21.8.3.    - Inquinamento acustico .....	65
21.8.4.    - Inquinamento da polvere .....	65
21.8.5.    - Emissioni gas dai mezzi meccanici.....	66
21.8.6.    - Distruzione emergenze archeologiche .....	66
<b>22. VALUTAZIONE DEGLI IMPATTI.....</b>	<b>66</b>
<b>22.1.    PREMESSA.....</b>	<b>66</b>
<b>23. TAVOLE ALLEGATE.....</b>	<b>67</b>

Si sottolinea che le soluzioni tecniche descritte nella presente relazione descrivono la linea di connessione dell'impianto fotovoltaico alla RTN, secondo le ipotesi iniziali fatte, e con le attuali tecnologie presenti e disponibili sul mercato, ma potrebbero variare al momento in cui l'impianto andrà in realizzazione.

Sono pertanto da ritenersi valide tutte le indicazioni vincolanti (quali ad esempio la potenza di immissione in rete, approvata dall'Ente gestore della RTN) in termini di potenza e spazio occupato, mentre **sono i cavi (e la loro formazione), le apparecchiature e i sistemi di sezionamento e protezione annessi sono spesso soggetti a rapida evoluzione tecnologica e pertanto solamente in fase di progettazione esecutiva potrà essere fatta una scelta definitiva**, e potranno essere selezionati i prodotti che abbiano caratteristiche rispondenti a tutti i requisiti di conformità della normativa in corso al momento della esecuzione dei lavori di realizzazione dell'opera.



## 1. PREMESSA

La società **BETA TORO S.r.l.** con sede in Via Mercato 3/5 - 20121 Milano - ha in progetto la realizzazione di un impianto agri-fotovoltaico in agro del Comune di Cheremule (SS) in Località “Perda Chessa” e “Su Campu”, tipologia di impianto che abbina la produzione di energia elettrica con un piano di miglioramento delle attività agricole preesistenti e/o di nuova realizzazione.

L’impianto è articolato in due lotti, con una superficie complessiva di circa 81 ettari, e quest’area considerata in progetto prevede la costruzione e l’esercizio di un impianto fotovoltaico a terra con sistema ad inseguitori monoassiali, con una potenza complessiva installata pari a **43.42 MWp** e una potenza in uscita dall’impianto e quindi in immissione alla RTN (P.O.I.) pari a **37.00 MW** e una producibilità annua stimata in circa **87 GWh**.

All’interno dell’area di impianto è presente, ed è parte integrante di esso, anche un sistema di accumulo (storage) di tipo elettrochimico con una potenza di **35.10 MVA** ed energia di **70.00 MWh**, che sarà dotato di un sistema di gestione, regolazione e controllo tale da impedire all’impianto di erogare in uscita una potenza superiore a quella autorizzata da TERNA per l’immissione in rete.

L'impianto FV è del tipo grid-connected, e sarà pertanto collegato alla RTN ed esercito in parallelo alla stessa, e dunque sarà collegato alla rete di Terna tramite nel rispetto delle condizioni per la connessione definite nella soluzione tecnica minima generale del preventivo STMG, a suo tempo ottenuta e accettata. La STMG prevede di connettere l'impianto fotovoltaico alla RTN tramite collegamento in antenna a 36 kV sulla sezione a 36 kV di una nuova stazione elettrica della RTN a 220/36 kV da inserire in entra – esce alla linea 220 kV "Codrongianos – Ottana".

Il presente in progetto pertanto descriverà la suddetta linea di connessione dell'impianto fv alla RTN.

## 2. MOTIVAZIONI DELL'OPERA

La linea di connessione in progetto è un'opera necessaria per consentire all'impianto fotovoltaico Agrisolare di poter immettere in rete l'energia elettrica prodotta durante il suo funzionamento.

La progettazione dell'opera oggetto del presente documento è stata sviluppata tenendo in considerazione un sistema di indicatori sociali, ambientali e territoriali, che hanno permesso di valutare gli effetti della pianificazione elettrica nell'ambito territoriale considerato, nel pieno rispetto degli obiettivi della salvaguardia, tutela e miglioramento della qualità dell'ambiente, della protezione della salute umana e dell'utilizzazione accorta e razionale delle risorse naturali.

Il percorso del cavidotto è stato studiato per minimizzare, per quanto possibile, la sua lunghezza e l'interazione con l'ambiente circostante; la distanza tra la Cabina di Raccolta Generale di Impianto fotovoltaico (C-00) e la S.E. di TERNA a cui ci si conetterà è di circa 15 km.

Il livello di tensione previsto in uscita dall'impianto fv, corrispondente al livello di tensione previsto per la nuova connessione, è di 36 kV (AT), in osservanza alla nuova tipologia di soluzione tecnica di connessione alla RTN per gli impianti di produzione indicate nella ultima versione dell'Allegato A.2 del Codice di Rete del 15/10/2021, che dovrebbe consentire una "migliore integrazione degli impianti di produzione di energia elettrica di potenza fino a 100 MW attraverso soluzioni di connessione alla RTN più efficienti e adeguate alla taglia dei medesimi impianti di produzione".

Per tale motivo dunque la linea di connessione sarà realizzata tramite **cavidotto interrato in MT a 36 kV** che, con un percorso della lunghezza di 15 km, parte dalla Cabina di Raccolta Generale (C-00) dell'impianto fv e giunge al punto di connessione TERNA ed esattamente alla sezione a 36 kV di una nuova stazione elettrica della RTN a 220/36 kV da inserire in entra – esce alla linea 220 kV "Codrongianos – Ottana".

### 3. CAVIDOTTO

#### 3.1. PERCORSO DEL TRACCIATO

La connessione dell'impianto fotovoltaico prevede la realizzazione di un elettrodotto che partendo dalla Cabina di Raccolta Generale collegherà in antenna con linea interrata a 36 kV l'impianto fotovoltaico alla nuova stazione elettrica (S.E.) della RTN a 220/36 kV da inserire in entra – esce alla linea 220 kV "Codrongianos – Ottana".

La connessione avverrà tramite un cavidotto che si estende per circa 15 km lungo un tracciato che si svolge secondo quanto indicato nella figura sottostante.

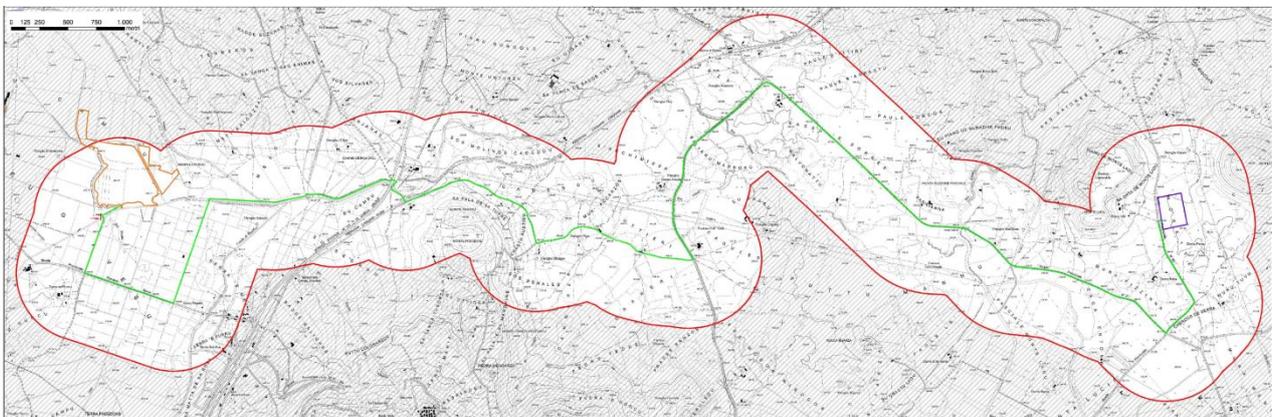


Figura 1 – Percorso cavidotto (verde)

Il tracciato dell'elettrodotto, in cavo interrato, quale risulta dalla corografia allegata, è stato studiato in armonia con quanto dettato dall'art.121 del T.U. 11/12/1933 ne 1775, comparando le esigenze della pubblica utilità delle opere con gli interessi sia pubblici che privati coinvolti, ed è stato progettato in modo tale da recare minor sacrificio possibile alle proprietà interessate, avendo cura di vagliare le situazioni esistenti sui fondi da asservire rispetto anche alle condizioni dei terreni limitrofi.

Il tracciato del cavidotto, snodandosi per circa 15 km, attraversa i territori dei comuni di Cheremule (SS), Giave (SS), Torralba (SS) e infine Bonorva (SS) dove ricade anche la stazione Terna.

Esso utilizza dove possibile corridoi già impegnati dalla viabilità stradale principale e secondaria esistente e di piano, con posa dei cavi il più possibile al margine della sede stradale.

I lavori per la realizzazione del cavidotto verranno effettuati nel rispetto dei limiti imposti dalla legislazione vigente in modo da garantire la salvaguardia dell'ecosistema.

L'intero cavidotto sarà contiguo alla sede stradale e/o su sede stradale, effettuando un ridotto scavo, non si andrà di fatto a modificare visivamente lo stato dei luoghi.

Lungo il percorso, il tracciato del cavidotto incontra una serie di interferenze, rappresentate nella seguente figura 2 e, in maggior dettaglio, nelle foto nell'elaborato cartografico relativo alle interferenze (TAV\_TC\_02 - INTERF\_CAV), allegato al presente progetto.



Figura 2 – Percorso cavidotto (verde) e area nuova S.E. Terna (a dx in violetto)



Le interferenze interessano accessi a fondi rurali, incroci con altre linee, e strutture di attraversamenti stradali. Maggiori dettagli in merito sono descritti nel relativo elaborato di progetto, di cui subito sotto riportiamo sommariamente alcuni inquadramenti fotografici riscontrati lungo il percorso:



Foto 1. Canale di drenaggio inizio tracciato (start)



Foto 2. Ponticello alla progressiva 220 m



Foto 3. Esempio di uno dei 6 ponticelli lungo la sezione 3 nella SP 124 alle progressie da 0,73 a 1,56 km



Foto 4. Ponticello lungo la SP 124 alla progressiva 1,15 km



Foto 5. Esempio degli 8 canali di drenaggio nel tracciato 5 dalla progressiva 1,56 alla 2,51 km



Foto 6. Ponticello alla progressiva 2,51 km



Foto 7. Ponticello alla progressiva 2,64 km



Foto 8. Attraversamento alla progressiva 3,12 km



Foto 9. Ponte adiacente al ponte sulla strada provinciale 30 alla progressiva 3,47 km



Foto 10. Ponticello alla progressiva 3,53 km



Foto 11. Ponticello alla progressiva 3,83 km



Foto 12. Ponticello alla progressiva 4,16 km



Foto 13. Ponte sulla strada SS131 alla progressiva 4,26 km



Foto 14. Ponte sulla ferrovia alla progressiva 4,54 km



Foto 15. Incrocio con strada alla progressiva 6,03 km



Foto 16. Tubo di drenaggio all'incrocio tra strade alla progressiva 6,72 km



Foto 17. Tubo drenaggio lungo la strada dopo incrocio strade punto 16 alla progressiva 6,74 km



Foto 18. Ingresso azienda alla progressione 7,07 km



Foto 19. Ponticello incrocio con la strada per Bonorva/Giave Pinnettas alla progressiva 7,52 km



Foto 20. Ponticello alla progressiva 7,75 km



Foto 21. Ponticello alla progressiva 7,84 km



Foto 22. Ponticello ingresso area archeologica Nuraghe Oes alla progressiva 8,47 km



Foto 23. Ponticello alla progressiva 8,59 km



Foto 24. Ponticello alla progressiva 8,98 km



Foto 25. Ponticello alla progressiva 9,02 km



Foto 26. Incrocio con la strada SP21 alla progressiva 9,49 km



Foto 27. Ponticello all'ingresso azienda lungo la SP21 alla progressiva 9,74 km



Foto 28. Ponticello lungo la SP21 alla progressiva 10,5 km



Foto 29. Ponticello nella SP21 alla progressiva 10,86 km



Foto 30. Attraversamento nella SP21 alla progressiva 10,9 km



Foto 31. Attraversamento lungo la SP21 alla progressiva 11,08 km



Foto 32. Attraversamento nella SP21 alla progressiva 11,18 km



Foto 33. Attraversamento nella SP1 alla progressiva 11,34 km



Foto 34. Ponticello lungo la SP21 alla progressiva 11,54 km



Foto 35. Ponte lungo la SP21 alla progressiva 11,72 km



Foto 36. Ponticello lungo la SP21 alla progressiva 12,01 km



Foto 37. Ponticello lungo la SP21 alla progressiva 12,12 km



Foto 38. Ponticello nella SP21 alla progressiva 12,39 km



Foto 39. Ponticello lungo la SP21 alla progressiva 12,93 km



Foto 40. Attraversamento ingresso azienda lungo la SP21 alla progressiva 12,95 km



Foto 41. Ponticello lungo la SP21 alla progressiva 13,17 km



Foto 42. Incrocio strada SP21 con strada SP83 alla progressiva 13,83 km



Foto 43. Incrocio lungo la SP83 alla progressiva 14,2 km



Foto 44. SE-Terna

### 3.2. CRITERI DI SCELTA DEL TRACCIATO

La scelta del tracciato del cavidotto scaturisce da un processo di valutazione che ha cercato limitare ed ove possibile eliminare gli oneri ambientali legati alla realizzazione dell'opera. Il percorso del cavidotto è stato dunque studiato per minimizzare, per quanto possibile, la sua lunghezza e l'interazione con l'ambiente circostante. In particolare, la scelta ha cercato di coniugare i seguenti principi:

- evitare interferenze con ambiti tutelati ai sensi dei vigenti piani urbanistico-territoriali-paesaggistici-ambientali;
- minimizzare la lunghezza dei cavi al fine di ottimizzare il layout elettrico d'impianto,
- garantire la massima efficienza, limitare e contenere gli impatti indotti dalla messa in opera dei cavidotti;
- limitare i costi sia in termini ambientali che monetari legati alla realizzazione dell'opera;
- utilizzare, ove possibile, la viabilità esistente, al fine di limitare l'occupazione territoriale;
- garantire la sicurezza dei cavidotti, in relazione ai rischi di spostamento e deterioramento dei cavi;
- garantire la fattibilità della messa in opera limitando i disagi legati alla fase di cantiere.

Per tutti gli ulteriori dettagli riguardanti le analisi dei luoghi, dei vincoli e delle eventuali interferenze lungo il percorso del cavidotto si rimanda ai relativi elaborati specialistici di progetto.

### 3.3. AREE IMPEGNATE E FASCE DI RISPETTO

Le aree interessate da un elettrodotto interrato sono individuate, dal Testo Unico sugli espropri, come Aree Impegnate, cioè le aree necessarie per la sicurezza dell'esercizio e manutenzione dell' elettrodotto; nel caso specifico esse hanno un'ampiezza di 1.5 m dall' asse linea per parte per il tratto in cavo interrato.

Il vincolo preordinato all' esproprio sarà invece apposto sulle "aree potenzialmente impegnate", che equivalgono alle zone di rispetto di cui all' art, 52 quater, comma 6. del Testo Unico sugli espropri n. 327

del 08/06/2001 e successive modificazioni, all'interno delle quali poter inserire eventuali modeste varianti al tracciato dell'elettrodotto senza che le stesse comportino la necessità di nuove autorizzazioni.

Ad una prima analisi, da confermare poi in fase di progettazione esecutiva, l'ampiezza delle zone di rispetto (ovvero aree potenzialmente impegnate) sarà di 4.00 m dall'asse linea per parte per il tratto in cavo interrato in AT. Pertanto, ai fini dell'apposizione del vincolo preordinato all'esproprio, le "aree potenzialmente impegnate" coincidono con le "zone di rispetto"; di conseguenza i terreni ricadenti all'interno di dette zone risulteranno soggetti al suddetto vincolo. In fase di progetto esecutivo dell'opera si procederà alla delimitazione delle aree effettivamente impegnate dalla stessa con conseguente riduzione delle porzioni di territorio soggette a vincolo preordinato all'esproprio e servitù.

Le "fasce di rispetto" sono quelle definite dalla Legge 22 febbraio 2001 n. 36, 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, emanata con Decreto MATT del 29 Maggio 2008. Il tracciato del cavidotto non intercetta centri abitati. Nel suo percorso lungo gli assi stradali incontra insediamenti ascrivibili alla categoria edificato in aree agricole. Trattasi di strutture funzionali alle attività agricole e non residenziali.

Per quanto concerne le infrastrutture tutto il tracciato del cavidotto, come già scritto, si sviluppa lungo le strade esistenti, sia di penetrazione agraria, sia comunali che provinciali.

In particolare, dopo un primo tratto su una strada di penetrazione agraria, il tracciato prosegue lungo la SP 124 per poi immettersi in una strada secondaria per gran parte sull'argine del Flumini Mannu.

Nel suo percorso intercetta la SS 131 Carlo Felice che oltrepassa in un sottopassaggio. Poco oltre supera il ponte sulla ferrovia e continua il percorso lungo la strada che conduce alla SP 21 sulla quale si snoda fino ad incontrare e seguire la SP 83 lungo la quale, dopo poco oltre un 1 km, arriva fino al sito dove è prevista la Stazione Terna.

Come si evince dallo stralcio dell'elaborato Tav\_CON\_04\_IDRA, il tracciato del cavidotto non interessa aree a pericolosità idraulica.

### 3.4. QUADRO NORMATIVO

La realizzazione di una linea in cavo sotterraneo (trincea, protezioni, segnaletica) è disciplinata dalla Norma CEI 11-17. Nello specifico, la norma stabilisce che al fine di garantire l'integrità dei cavi, nel caso di cavi MT posati a profondità inferiori a 1 m, sia predisposta una robusta protezione meccanica in grado di assorbire, senza danni per il cavo stesso, le sollecitazioni meccaniche, statiche e dinamiche, derivanti dal traffico veicolare (resistenza a schiacciamento) e dagli abituali attrezzi manuali di scavo (resistenza a urto).

Il Nuovo Codice della Strada prescrive che la profondità minima di posa per le strade di uso pubblico ricada ad 1 m dall'estradosso della protezione:

- Per tutti gli altri suoli e le strade di uso privato la norma CEI 11-17 stabilisce la profondità minima di posa in 0,6 m (su terreno privato) e 0,8 m (su terreno pubblico).
- In aggiunta alle prescrizioni normative, è buona pratica attenersi ai seguenti principi informativi:
- i cavidotti, anche se posati a profondità superiore a 60 cm, siano sempre dotati di una protezione meccanica supplementare (tegolo o lastra);
- i cavidotti posati a profondità compresa fra 40 cm e 60 cm siano annegati in un getto di calcestruzzo (cemento magrone con dosaggio inferiore a 150 kg/m<sup>3</sup>);
- i cavidotti posati a profondità inferiore a 40 cm o comunque transitanti all'interno dell'edificio servito (detto percorso dovrà sempre essere il più breve possibile) siano installati all'interno di un tubo in acciaio dotato di una protezione meccanica supplementare (tegolo o lastra);
- il percorso dei cavidotti dovrà essere tale da consentire un'agevole stesura dei cavi possibilmente senza dover ricorrere all'uso di pozzetti rompitratta;
- qualora fosse necessario ricorrere a pozzetti rompitratta, questi dovranno presentare dimensioni idonee (indicativamente 600 x 600 mm o 1000x1000 mm).

Qualunque sia la profondità di installazione dei cavidotti, è sempre prevista la posa di un nastro monitoro ad una distanza di circa 20-30 cm sopra la tubazione in modo da segnalarne la presenza durante eventuali scavi.

## 4. IL PROGETTO DELL'ELETTRODOTTO

### 4.1. PREMESSA

L'impianto fotovoltaico in progetto ha una potenza in uscita dalla Cabina di Raccolta Generale C-00 che è pari a **37'000 kW**, mentre la sua distanza stimata dal punto di connessione alla RTN TERNA indicata in STMG è di **15 km**.

Il livello di tensione in uscita dall'impianto fotovoltaico è stato fissato a **36 kV (AT)**.

La potenza in transito nella linea è pari alla massima potenza dell'impianto fotovoltaico da essa servito, poichè il sistema di storage annesso sarà dotato di un sistema di gestione e controllo tale da impedire che la potenza immessa in rete superi quella autorizzata da TERNA in STMG. Dunque, il sistema di storage sarà capace di controllare la potenza totale da veicolare sulla connessione.

Da osservare inoltre che, cautelativamente, la potenza indicata in progetto è la somma delle potenze in uscita dagli inverter e pertanto la potenza reale in uscita sarà inferiore a causa delle perdite di trasformazione e delle perdite di trasmissione lungo le linee MT interne.

L'elettrodotto completo sarà costituito da una linea elettrica in cavo interrato, i cui dati salienti possono essere così riassunti:

	Lunghezza (m)	Potenza (kW)	Tensione (kV)	Tipo:	Corrente: (A)
Tratto A	15'000	37'000	36	AT	659.32

#### 4.2. CARATTERISTICHE ELETTRICHE DEL COLLEGAMENTO IN CAVO – TRATTO A 36 KV

Il collegamento dovrà essere in grado di trasportare la potenza massima dell'impianto in modo continuativo.

Se si considera che l'impianto erogherà una potenza di **37'000 kW** alla tensione di 36 kV, assumendo un funzionamento a  $\cos \varphi = 0.90$  avremo:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3}V \cos \varphi}$$

Ossia la corrente massima è pari a: **I = 659.32 A**

Considerando che il cavo verrà posato su cavidotto interrato, avremo le seguenti condizioni di posa:

- il cavo verrà posato direttamente nel terreno, su letto di sabbia;
- Il cavo avrà una formazione unipolare con posa a triangolo;
- la profondità di posa è di 1.50 m;
- la temperatura del terreno è stimata in  $T_G = 10^\circ \text{C}$ ;
- la temperatura esterna è valutata in  $T_o = 30^\circ \text{C}$ ;
- la resistività termica del terreno è stimata in 1.2 Km/W;
- dati i valori di corrente si stimano 2 corde per fase in posa a terra (posa tipo D2);

I fattori correttivi possono essere dedotti dalle seguenti tabelle, estratte dai cataloghi Trathos:

Table 17

Temperature de-rating factors for Ground temperature									
Ground temperature °C	10	15	20	25	30	35	40	45	50
Rating factor (Maximum conductor temperature 90 °C)	1.03	1.00	0.96	0.93	0.89	0.85	0.81	0.77	0.73

Table 18

Temperature de-rating factors for Ambient temperature										
Ambient temperature °C	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55
Rating factor (Maximum conductor temperature 90 °C)	1.1	1.07	1.04	1.00	0.96	0.92	0.87	0.83	0.78	0.73

Table 19

Rating factors for ground thermal resistivity							
Thermal resistivity Km/W	0.7	1.0	1.2	1.5	2.0	2.5	3.0
Factor	1.2	1.08	1.0	0.9	0.79	0.70	0.65

Table 13

Standard depth of laying	1.0m
Thermal resistivity of soil	1.2K.m/W
Standard ground temperature	15°C
Ambient air temperature	25°C
Maximum conductor temperature	90°C

Table 14

Rating factors for depth of laying	
Laying depth	Rating factor
(m)	
1.0	1.0
1.2	0.95
1.5	0.93
2.0	0.89
2.5	0.88
3.0	0.86

Conseguentemente, la portata effettiva dei cavi deve essere corretta con le seguenti formule:

$$I_z = I_0 \times K1 \times K2 \times K3 \times K4 \times K5$$

E quindi la seguente tabella riporta i coefficienti personalizzati per la linea in progetto, e la relativa “corrente riparametrata” che è necessario considerare per il corretto dimensionamento del cavo della linea:

659.32	A	Corrente di fase della linea:
1.03	k1	fattore di correzione per temperature al sottosuolo diverse da 15° C.
0.96	k2	fattore di correzione temperature esterne diverse da 20° C.;
0.93	k3	fattore di correzione per profondità di posa diverse da 0.8 m
0.93	k4	fattore di correzione per terreni con resistività termica diversa da 1 Km/W
0.78	k5	fattore di correzione per gruppi di più circuiti affiancati sullo stesso pian
0.6671	Ktot	Coefficiente correttivo totale
988.34	A	Corrente di fase riparametrata
2		Numero corde per fase
494.17	A	Corrente per singola corda (portata max)

Sono stati scelti dei valori piuttosto cautelativi. In conseguenza alle ipotesi di progetto, da una tabella di portata di cavo UNIPOLARE in alluminio (ad esempio quella della Trathos HV, per cavi in alluminio in AT) si ricava che la corrente riparametrata può essere trasportata dalla seguente formazione:

**3x(2x300) mmq su linea tripolare pura.**

Il cavo scelto risulta capace di trasportare la corrente riparametrata con un buon margine rispetto alla massima portata del cavo stesso.

Table 8

38/66 (72.5) kV Aluminium conductors					
Size csa mm <sup>2</sup>	Trefoil single point bonded			Laid flat single point bonded	
	Laid direct	In ducts	In air	Laid direct	In ducts
	A	A	A	A	A
150	315	320	380	335	320
185	360	365	440	380	360
240	415	425	520	440	415
300	470	480	595	500	470
400	540	550	695	575	540
500	615	630	810	655	615
630	705	720	940	755	705
800	800	830	1100	865	825
1000	890	940	1240	975	925
1200	965	1005	1340	1045	980
1400	1020	1065	1425	1120	1050
1600	1085	1130	1530	1175	1100

La stessa corrente può essere trasportata anche da altre soluzioni di formazione del cavo, e pertanto la soluzione sulla formazione del cavo ora indicata potrebbe essere soggetta a variazione in fase esecutiva, a seguito di una puntuale analisi del tracciato nonchè dei cavi effettivamente disponibili sul mercato nel momento in cui il progetto andrà cantierato.

La soluzione scelta ha il vantaggio di avere un numero inferiore di conduttori e si presta maggiormente alle possibili limitazioni tecniche derivanti dal numero di conduttori per fase che è possibile attestare su uno stallo da 36 kV. La scelta può tuttavia essere modificata in fase di progettazione esecutiva, senza che le considerazioni progettuali principali abbiano a cambiare da quanto esposto nel presente progetto.

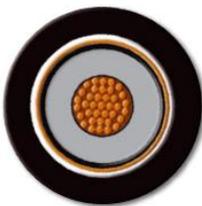
## TRATOS HIGH VOLTAGE®

HIGH VOLTAGE CABLES BASED ON IEC 608040

### TRATOS® HV - 38/66 kV-(72.5 kV) CU/XLPE/AT/HDPE

Tratos HV cable is used for the transmission and distribution of electric power and is suitable for installation in ducts, trenches or direct buried underground or within buildings. These cables are ideal for use to connect wind farms and other renewable energy to existing grid systems.

#### FEATURES AND PERFORMANCES



##### CONSTRUCTION

- **Conductor:** stranded circular or segmental compacted copper
- **Conductor screen:** semi-conducting layer
- **Insulation:** XLPE
- **Insulation screen:** non metallic - semi-conducting layer and copper wire as metallic
- **Tape:** non-conductive water blocking
- **Tape:** copolymer aluminum tape
- **Outer sheath:** HDPE sheathed with graphite coating or extruded semi-conducting layer
- **Standard colour:** black
- **Marking:** ELECTRIC CABLE 38/66kV + TRATOS Cable type + Cable Size (e.g. "1x150") COMMODITY CODE IEC 60840 + lot production + year + metre marking

##### STANDARDS

- Design and Tested: IEC 60228, 60840 and 60811



#### 4.3. COMPOSIZIONE DEL COLLEGAMENTO

Per l'elettrodotto in oggetto sono previsti pertanto i seguenti componenti:

##### **Tratto in AT:**

- Cavo unipolare in alluminio, tipo TRATHOS HV SUPERFLEX 38/66kV;
- Formazione della linea: 3x(2x300) mmq;
- Modalità di posa del cavo a triangolo;
- Cavo in fibra ottica per telecomunicazioni;
- Nastro segnalatore;
- Profondità di posa per cavidotto interrato:  $\geq 1.50$  m.

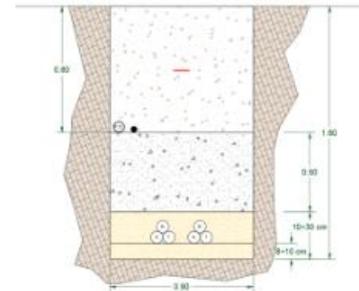


Figura 3 – Sezione tipo per il cavidotto di connessione

#### 4.4. MODALITÀ DI POSA E DI ATTRAVERSAMENTO

I cavi saranno interrati ed installati normalmente in una trincea della profondità che dipende dal livello di tensione delle linee che vi transitano, come indicato in precedenza, con disposizione delle fasi a trifoglio/triangolo se il cavo è unipolare.

Tutti i cavi verranno alloggiati su letto di sabbia e ricoperti ancora con sabbia, e subito sopra con terreno di riporto, la cui resistività termica, se necessario, verrà corretta con una miscela di sabbia vagliata o con cemento "mortar".

I cavi saranno inoltre protetti e segnalati superiormente da un nastro segnaletico interrato a minore profondità, ed ove necessario anche da lastre di protezione in cemento armato dello spessore di 4-6 cm. La restante parte della trincea verrà ulteriormente riempita con materiale di risulta e di riporto.

Altre soluzioni particolari, quali l'alloggiamento dei cavi in cunicoli prefabbricati o gettati in opera od in tubazioni di PVC della serie pesante o in tubazioni metalliche contenitive potranno essere adottate per attraversamenti specifici o in caso di particolari criticità e/o esigenze particolari che –pur non essendo esplicitamente indicate nel presente progetto- potrebbero emergere in fase esecutiva.

Nella fase di posa dei cavi, per limitare al massimo i disagi al traffico veicolare locale, essi saranno posati in più tempi in modo da poter destinare al transito veicolare, in qualsiasi condizione, almeno una metà della carreggiata qualora essa dovesse essere interessata da tagli e/o scavi. In alternativa, e per casi particolari, potrà essere utilizzato il sistema dello spingitubo o della perforazione teleguidata (TOC), che non comportano alcun tipo di interferenza con le strutture superiori esistenti che verranno attraversate in sottopasso.

In tal caso la sezione di posa potrà differire da quella normale sia per quanto attiene il posizionamento dei cavi che per le modalità di progetto delle protezioni da adottare.

In alcuni tratti del percorso dei cavidotti, a causa delle problematiche riscontrate già in sede progettuale, è stato previsto l'utilizzo della Trivellazione Orizzontale Controllata (o teleguidata) per evitare tagli stradali, disservizi e altre situazioni problematiche di passaggio dei cavi.

Questa tecnica permetterà di effettuare il passaggio dei cavi in maniera invisibile e senza creare interruzioni al traffico (caso di tagli stradali) o altri disservizi.

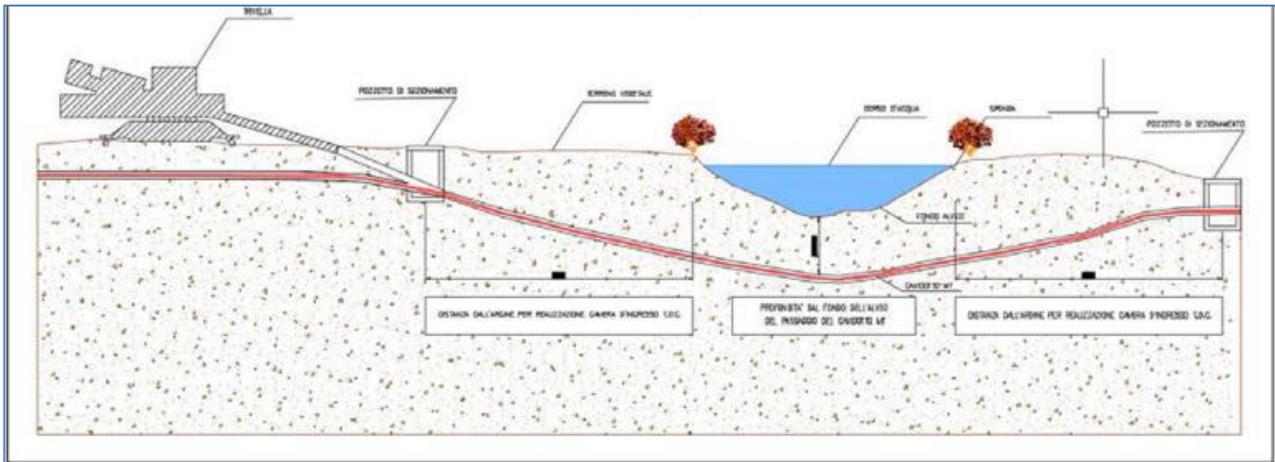


Figura 4 – Schema rappresentativo di realizzazione di tratto di cavidotto tramite T.O.C.



Figura 5 – Macchina operatrice per T.O.C.

#### 4.4.1. Temperature di posa

Durante le operazioni di posa dei cavi per installazione fissa, la loro temperatura - per tutta la loro lunghezza per tutto il tempo in cui essi possono venire piegati e raddrizzati non deve essere inferiore a  $-25^{\circ}\text{C}$ .

#### 4.4.2. Raggi di curvatura dei cavi

La curvatura dei cavi deve essere tale da non provocare danno ai cavi stessi. Durante le operazioni di posa dei cavi per installazione fissa, se non altrimenti specificato dalle norme particolari o dai costruttori, i raggi di curvatura dei cavi, misurati sulla generatrice interna degli stessi, non devono essere inferiori ai seguenti:

- cavi sotto guaina di alluminio, con o senza altri tipi di rivestimento metallico: 30 D;
- cavi senza guaina di alluminio, sotto guaina di piombo, con o senza altri tipi di rivestimento metallico: 16 D;
- cavi senza guaina di alluminio o di piombo, ma dotati di altro rivestimento metallico quale armatura, conduttore concentrico, schermatura a fili o nastri (inclusi i nastri sottili longitudinali placati o saldati): 14 D;
- cavi senza alcun rivestimento metallico: 12 D;

Dove D è il diametro esterno del cavo. Nel caso di cavi multipolari costituiti da più cavi unipolari cordati, il diametro D da prendere in considerazione è quello pari a 1.5 volte il diametro esterno del cavo unipolare di maggior diametro. Nel caso di cavi senza alcun rivestimento metallico, il raggio minimo di curvatura sopra indicato vale per conduttori di classe 1 e 2 (definita secondo la Norma CEI 20-29); per cavi con conduttori di classe 5 e 6 (sempre secondo la Norma CEI 20-29) tale raggio può essere ridotto del 25%.

Nel caso di posa in condizioni favorevoli, i raggi di curvatura sopra indicati possono essere ridotti per arrivare fino alla metà per curvatura finale eseguita su sede sagomata e con temperatura non inferiore a 15° C, salvo diversa indicazione del fabbricante.

#### **4.4.3. Sollecitazione a trazione**

Durante l'installazione i cavi saranno soggetti a sforzi permanenti di trazione, pertanto si adotteranno cavi (autoportanti con organo portante) in grado di supportare la trazione. Gli sforzi di tiro necessari durante le operazioni di posa dei cavi non vanno applicati ai rivestimenti protettivi, bensì ai conduttori, per i quali d'altronde sarà garantito di non superare mai una sollecitazione di 18 kN per conduttori di rame e 9 kN per conduttori di alluminio.

Se il cavo è provvisto di un'armatura, a fili o piattine, necessaria quando il previsto sforzo di tiro supera il valore supportabile dai conduttori come detto sopra, la forza di tiro va applicata all'insieme dei conduttori e dell'armatura, ma non deve superare del 25% le sollecitazioni ammissibili sui conduttori di cui al capoverso precedente. Si adotteranno accorgimenti tali da impedire la rotazione del cavo sul proprio asse quando è sottoposto a tiro.

#### **4.4.4. Cavi interrati**

I cavi interrati saranno muniti di guaina protettiva. I cavi non muniti di armatura metallica o di altra protezione meccanica equivalente come sopra saranno posati con una protezione meccanica supplementare. I componenti e i manufatti adottati per tale protezione saranno progettati per supportare, in relazione alla profondità di posa, le prevedibili sollecitazioni determinate dai carichi statici, dal traffico veicolare o da attrezzi manuali di scavo.

Le minime profondità di posa tra il piano di appoggio del cavo e la superficie del suolo per le modalità di posa saranno, in funzione della tensione delle linee che vi corrono, le seguenti:

- BT: 80 cm
- MT: 100 cm
- AT: 150 cm

Nei tratti in cui si attraversino terreni rocciosi o in altre circostanze eccezionali in cui non possono essere rispettate le profondità minime sopra indicate, devono essere predisposte adeguate protezioni meccaniche, da valutare caso per caso.

I percorsi interrati dei cavi saranno segnalati in modo tale da rendere evidente la loro presenza in caso di ulteriori scavi. Rispondono a tale scopo:

- le protezioni meccaniche supplementari suddette:
- i nastri monitori posati nel terreno a non meno di 0,2 m al di sopra dei cavi.

#### **4.4.5. Cavi muniti di guaina**

Quando un cavo è soggetto a carico variabile, esso subisce dilazioni e contrazioni che assai difficilmente si distribuiscono lungo tutto il percorso e che provocano movimenti longitudinali e trasversali del cavo. Specialmente nel caso dei cavi unipolari, tali movimenti, soprattutto se concentrati in pochi punti del percorso, possono provocare la fessurazione della guaina metallica per fenomeni di fatica. Pertanto, quando un cavo munito di guaina metallica è posato in modo tale che i suoi movimenti non risultano impediti lungo tutto il percorso, saranno presi opportuni accorgimenti per distribuire e controllare l'ampiezza di tali movimenti (onde evitare il verificarsi degli inconvenienti sopra richiamati).

## **5. PROTEZIONE CONTRO LE SOVRACCORRENTI**

### **5.1. EFFETTI TERMICI**

Il riscaldamento dovuto ad una sovracorrente provoca dilatazioni tra i vari componenti metallici e non metallici del cavo le quali, sovrapponendosi alle condizioni di ridotta resistenza dei materiali riscaldati, possono causare lesioni o invecchiamenti tali da rendere inutilizzabile il cavo. Le protezioni contro le sovracorrenti saranno previste in maniera tale da contenere le temperature massime dei conduttori entro i limiti stabiliti in questo caso i valori delle temperature massime di esercizio e di cortocircuito nel caso dell'isolante in cavo di polietilene reticolato XLPE (E4) max temperatura di esercizio 90° C e max temperatura di c.to c.to 250° C che danno un valore del coefficiente K in funzione delle temperature iniziali e finali di cortocircuito per conduttori di rame 143 e di alluminio 192.

## 5.2. EFFETTI DINAMICI

Per i cavi unipolari e per i cavi multipolari ad elica visibile, gli effetti dinamici sono assorbiti dai dispositivi di fissaggio dei cavi che devono essere conseguentemente dimensionati e distanziati.

## 5.3. DISPOSITIVI DI PROTEZIONE

Nelle linee in cavo i conduttori attivi devono essere protetti mediante installazione di uno o più dispositivi di interruzione automatica, tra loro coordinati, contro i sovraccarichi e contro cortocircuiti che assicurino l'interruzione dei conduttori di fase. Tali dispositivi possono assicurare:

- a) unicamente la protezione contro sovraccarichi;
- b) unicamente la protezione contro i cortocircuiti;
- c) la protezione contro entrambi i tipi di sovracorrente.

Nel caso a) essi possiedono generalmente un potere di interruzione inferiore alla corrente presunta di cortocircuito nell'impianto, ma devono essere in grado di sopportare tale corrente per la durata richiesta per il funzionamento dei dispositivi di protezione contro cortocircuito; nel caso b) essi devono possedere un potere di interruzione almeno pari alla corrente presunta di cortocircuito nel punto in cui sono stati installati; nel caso c) essi devono sopportare e interrompere ogni corrente compresa tra il valore della loro corrente convenzionale di funzionamento ed il valore della corrente presunta di cortocircuito nel punto in cui sono installati.

## 5.4. PROTEZIONE CONTRO LE CORRENTI DI CORTOCIRCUITO

Le linee in cavo devono essere di norma protette contro le correnti di cortocircuito da dispositivi situati a monte della linea, con tempi di intervento sufficientemente rapidi da evitare danni non accettabili al cavo. Ad evitare il deterioramento dell'isolamento, il tempo di intervento deve essere tale che la temperatura dei conduttori non superi il limite massimo ammesso per qualunque valore di sovracorrente risultante da un cortocircuito in ogni punto del cavo protetto.

## 5.5. PROTEZIONE CONTRO LE CORRENTI DI SOVRACCARICO

La protezione dei cavi contro i sovraccarichi avrà lo scopo di prevedere la loro interruzione prima che si possano verificare effetti nocivi sia ai componenti del cavo, sia alle connessioni, sia all'ambiente esterno limitrofo. Le protezioni saranno situate sia a monte che a valle del cavo, in corrispondenza dei punti di prelievo del carico.

## 6. PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI DIRETTI E INDIRETTI

### 6.1. USO DEI RIVESTIMENTI METALLICI DEI CAVI COME PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI DIRETTI E INDIRETTI

Le guaine metalliche, i conduttori concentrici, gli schermi metallici e le armature, se rispondenti alle prescrizioni delle norme relative, sono mezzi di protezione sufficienti contro i contatti diretti, purché siano soddisfatte tutte le seguenti condizioni:

- a) il rivestimento metallico sia posto sotto una guaina non metallica qualora esista pericolo di danneggiamento chimico meccanico;
- b) sia assicurata la continuità longitudinale del rivestimento metallico per tutto il percorso del cavo;
- c) il rivestimento metallico sia messo a terra rispettando le disposizioni:
- d) la resistenza elettrica del rivestimento metallico insieme con quella dei relativi collegamenti a terra e di continuità sia tale da rispondere ai requisiti.

Nel caso di terne di cavi unipolari, la continuità dei rivestimenti metallici sarà assicurata anche quando si ricorra alla loro trasposizione ciclica su tre tratti di lunghezza praticamente uguale in modo da annullare la tensione complessiva indotta nella guaina o schermo metallico.

### 6.2. MESSA A TERRA DEL RIVESTIMENTO METALLICO DEI CAVI

Tutti i rivestimenti metallici dei cavi saranno messi a terra almeno alle estremità di ogni collegamento, per collegamenti di grande lunghezza sarà inserita a messa a terra del rivestimento metallico in corrispondenza dei giunti a distanze non superiori ai 5 km.

Per collegamenti corti, in genere non superiore al Km, è pure consentita la messa a terra del rivestimento metallico in un sol punto purché vengano adottate le seguenti precauzioni:

- in corrispondenza delle terminazioni e delle interruzioni dei rivestimenti metallici, se accessibili, devono essere applicate opportune protezioni attive ad evitare tensioni di contatto superiori ai valori ammessi dalla Norma CEI 11-1;
- la guaina non metallica di protezione del cavo deve essere in grado di sopportare la massima tensione totale di terra dell'impianto di terra al quale il rivestimento metallico è collegato.

Per i sistemi di Alta Tensione dove il neutro è francamente collegato a terra e le correnti di guasto a terra sono molte elevate, sarà raccomandabile installare parallelamente ai cavi un conduttore di terra di sezione adeguata a sopportare le correnti di guasto e ridurre le sovratensioni transitorie di sequenza zero.

Dove il cavo ha più rivestimenti metallici, essi saranno connessi in parallelo, salvo nel caso di cavi appartenenti a circuiti di misura o segnalamento. Per il collegamento tra il rivestimento metallico del cavo ed il conduttore di terra, verrà ammesso l'impiego di adeguati connettori a compressione; inoltre, per i cavi con rivestimento metallico nastri o a tubo, è anche ammessa la saldatura dolce o la brasatura. In ogni

caso occorre verificare che, in relazione alle caratteristiche delle guaine o dei rivestimenti metallici, i loro collegamenti a terra, incluse le connessioni, siano tali da escludere il proprio danneggiamento e quello delle guaine rivestimenti metallici per effetto delle massime correnti che vi possono circolare.

### 6.3. LAVORI SU LINEE IN CAVO

Quando si fanno lavori lungo un cavo con rivestimento metallico, occorre premunirsi da eventuali trasferimenti di tensioni pericolose di terra o collegando il rivestimento metallico del cavo stesso a tutte le altre masse metalliche accessibili o prendendo precauzioni per isolare gli operatori dalle parti pericolose.

### 6.4. MESSA A TERRA DELLE PARTI METALLICHE DELLE CANALIZZAZIONI

Tutte le parti metalliche destinate a sostenere o contenere cavi di energia ed i loro accessori verranno elettricamente collegate tra loro a terra secondo quanto previsto dalla Norma CEI 11-1. Per i collegamenti in cavo in AT, con neutro francamente a terra, si dovranno mettere a terra le parti metalliche.

## 7. MISURE DI PROTEZIONI DEI CAVI

### 7.1. PROTEZIONE MECCANICA BASE

Le canalizzazioni devono essere scelte in modo da prevenire danni aventi origine da azioni meccanica esterna. Nelle installazioni fisse, quando esiste il pericolo di danneggiamento meccanico, la protezione può essere fornita dal cavo stesso o dal metodo di installazione o dalla combinazione dei due moduli di protezione. Una protezione meccanica adeguata può ritenersi realizzata in condizioni ordinarie in caso di:

- cavi con rivestimento metallico conforme alla prescrizioni;
- cavi installati in tubi metallici, in materiale plastico, in condotto, in cunicolo o in canale;

tutti gli altri tipi di canalizzazione devono essere installati in posizioni tali da escludere la possibilità di danneggiamento meccanico, oppure devono essere protetti contro il danno meccanico con mezzi adatti che offrano un grado equivalente di protezione.

### 7.2. PROTEZIONE CONTRO LE VIBRAZIONI

Le canalizzazioni sostenute o fissate a strutture o ad apparecchiature soggette a vibrazioni saranno di tipo adatto a sopportare tale sollecitazione. Precauzioni verranno prese in particolare nell'impiego di conduttori massicci, guaine metalliche, ecc.

### **7.3. PROTEZIONE CONTRO LE SOLLECITAZIONI TERMICHE ESTERNE**

I cavi non verranno installati nei luoghi in cui la temperatura ambiente possa eccedere la massima temperatura di servizio dei cavi indicata nelle rispettive Norme diminuita di -5°C. Le canalizzazioni dovranno essere installate a distanza sufficiente da sorgenti di calore ad alta temperatura, o devono essere separate da tali sorgenti per mezzo di schermi isolati termici ed eventualmente raffreddate.

### **7.4. ESPOSIZIONE ALL'ACQUALE CONDIZIONI DI ESPOSIZIONI ALL'ACQUA NELLE QUALI I DIVERSI TIPI DI CAVO POSSONO ESSERE IMPIEGATI.**

Per quanto riguarda i cavi ad isolamento estruso destinati a sistemi con tensione nominale di 10 kV o superiore, la loro idoneità a funzionare in luoghi umidi dipende da vari fattori, quali il tipo di isolante, la tecnologia costruttiva, il gradiente elettrico di dimensionamento ed il rischio di perforazione accettabile dall'utilizzatore. Una guaina metallica, adeguatamente protetta contro il pericolo di corrosione, impedisce l'infiltrazione di umidità nell'isolante.

Nelle condizioni di esposizione all'acqua tutto il materiale metallico delle canalizzazioni deve essere adeguatamente protetto contro la corrosione interna ed esterna con una copertura di materiale resistente alla corrosione e non deve essere posto in contatto con altri metalli che possono dare origine a coppie elettrolitiche. Gli accessori devono essere a tenuta stagna; inoltre gli isolatori delle terminazioni devono avere una linea di fuga adeguata e devono essere costruiti con materiale resistente all'erosione superficiale causata dalle correnti di fuga.

### **7.5. DRENAGGI**

La condensa o penetrazione di acqua sarà prevenuta o eliminata mediante adatti accorgimenti di installazione o adatti dispositivi di drenaggio. I cunicoli, qualora la stagnazione di acqua possa determinare corrosioni, avranno il fondo leggermente inclinato, in modo da permettere l'evacuazione dell'acqua.

### **7.6. ESPOSIZIONE ALLA PRESENZA DI FLORA**

Canalizzazioni esposte alla prevedibile presenza di flora saranno scelte e installate in modo da ridurre la possibilità di danneggiamento, in particolare ci si deve premunire dagli effetti meccanici dovuti allo sviluppo di radici, dagli effetti coibenti termici dovuti a depositi o ricoprimenti vegetali, nonché dagli effetti corrosivi degli umori vegetali.

### **7.7. ESPOSIZIONE ALLA PRESENZA DI FAUNA**

Canalizzazione esposte alla prevedibile presenza di fauna saranno scelte e installate in modo da ridurre al minimo la possibilità di danneggiamento.

Se è prevedibile la presenza di roditori, i cavi saranno protetti da ricopertura metallica o da un equivalente protezione estera; se è prevedibile la presenza di termiti, i cavi saranno protetti con una

guaina appropriata o con una equivalente protezione esterna; sarà prevista la presenza di animali aggredenti il piombo, questo sarà protetto da apposito rivestimento.

## 8. COESISTENZA TRA CAVI DI ENERGIA ED ALTRI SERVIZI TECNOLOGICI INTERRATI

### 8.1. COESISTENZA TRA CAVI DI ENERGIA E TELECOMUNICAZIONE

#### 8.1.1. Incroci tra cavi

Quando entrambi i cavi sono direttamente interrati, saranno osservate le seguenti prescrizioni:

- il cavo di energia deve, essere situato inferiormente al cavo di telecomunicazione:
- la distanza tra i due cavi non deve essere inferiore a 0.30 m:
- il cavo posto superiormente deve essere protetto, per una lunghezza non inferiore ad 1 m, con uno dei dispositivi; detti dispositivi devono essere disposti simmetricamente rispetto all'altro cavo.

Ove, per giustificate esigenze tecniche, non possa essere rispettata la distanza minima della linea precedente, sarà applicata su entrambi i cavi la protezione suddetta, Quando almeno uno dei cavi sarà posto dentro appositi manufatti (tubazioni, cunicoli, ecc.) che proteggono il cavo stesso e ne rendono possibile la posa e la successiva manutenzione senza la necessita di effettuare scavi, non è necessario osservare le prescrizioni sopraelencate.

#### 8.1.2. Parallelismi fra cavi

Nei percorsi paralleli, i cavi di energia ed i cavi di telecomunicazione verranno, di regola, posati alla maggiore possibile distanza tra loro; nel caso per es. di posa lungo la stessa strada, possibilmente ai lati opposti di questa.

Ove per giustificare esigenze tecniche criterio di cui sopra non possa essere seguito, è ammesso posare i cavi vicini fra loro purché sia mantenuta, fra essi una distanza minima, in proiezione su di un piano orizzontale, non inferiore a 0,30 m. Qualora detta distanza non possa essere rispettata, sarà applicata sul cavo posato alla minore profondità, oppure su entrambi i cavi quando la differenza di quota fra essi è minore di 0.15 m, uno dei dispositivi di protezione descritti successivamente.

Le prescrizioni di cui sopra non saranno applicati quando almeno uno dei cavi è posato, per tutta la tratta interessata, in appositi manufatti (tubazioni, cunicoli, etc.) che proteggono il cavo stesso e ne rendono possibile la posa e la successiva manutenzione senza la necessità di effettuare scavi Le prescrizioni di cui sopra non saranno applicate quando i due cavi sono posati nello stesso manufatto; per tali situazioni di impianto si dovranno prendere tutte le possibili precauzioni, ai fini di evitare che i cavi di energia e di

telecomunicazione verranno a diretto contatto fra loro, anche quando le loro guaine sono elettricamente connesse. In particolare:

- nel caso di gallerie, la posa dei cavi di telecomunicazione e di energia sarà fatta su mensole distinte, chiaramente individuabili;
- nel caso di cunicoli o di condotti, la posa dei cavi di energia e di quelli di telecomunicazione sarà fatta in sedi o fori distinti.

### **8.1.3. Coesistenza tra cavi di energia e cavi di comando e segnalamento**

I circuiti di comando e segnalamento saranno oggetto di disturbi, tali da alterarne il regolare funzionamento, causati da fenomeni dovuti a transitori sui circuiti di energia che saranno accoppiati con i circuiti di comando e segnalamento stessi. Per ciò che attiene alla mutua influenza dovuta a interferenze magnetiche tra cavi di energia e cavi di comando e segnalamento, valgono le prescrizioni del CT 304 del CEI; per le interferenze di tipo elettrico o meccanico, qualora gli esercenti di questi cavi sono diversi e non esistano tra loro particolari accordi, valgono le prescrizioni precedenti.

## **8.2. COESISTENZA TRA CAVI DI ENERGIA E TUBAZIONE O SERBATOI METALLICI, INTERRATI**

### **8.2.1. Incroci fra cavi di energia e tubazioni metalliche, interrati**

L'incroci fra cavi di energia e tubazioni metalliche adibite al trasporto e alla distribuzione di fluidi (acquedotti, oleodotti e simili) non dovrà effettuarsi sulla proiezione verticale di giunti non saldati delle tubazioni metalliche stesse. Non si dovranno avere giunti sui cavi di energia a distanza inferiore a 1 m dal punto di incrocio, a meno che non siano attuati i provvedimenti descritti nel seguito, Nessuna particolare prescrizione è data nel caso in cui la distanza minima, misurata fra le superfici esterne di cavi di energia e di tubazione metalliche o fra quelle di eventuali manufatti di protezione, è superiore a 0,5 m.

Tale distanza sarà ridotta fino ad un minimo di 0,30 m, quando una delle strutture di incrocio è contenuta in manufatto di protezione non metallico, prolungato per almeno 0,30 m per parte rispetto all'ingombro in pianta dell'altra struttura oppure quando fra le strutture che si incrociano venga interposto un elemento separatore non metallico (per es. lastre di calcestruzzo o di materiale isolante rigido); questo elemento deve poter coprire, oltre alla superficie di sovrapposizione in pianta delle strutture che si incrociano, quella di una striscia di circa 0,30 m di larghezza ad essa periferica.

Nota: i manufatti di protezione e gli elementi separatori in calcestruzzo armato si considerano non metallici; come manufatto di protezione di singole strutture con sezione circolare saranno utilizzati collari di materiale isolante fissati ad esse.

Le distanze sopra indicate saranno ulteriormente ridotte, previo accordo fra gli Enti proprietari o Concessionari, se entrambe le strutture sono contenute in manufatto di protezione non metallico. Prescrizioni analoghe saranno osservate nel caso in cui non risulti possibile tenere l'incrocio a distanza

uguale o superiore a 1 m dal giunto di un cavo oppure nei tratti che procedono o seguono immediatamente incroci eseguiti sotto angoli inferiori a 60° e per i quali non risulti possibile osservare puntualmente le prescrizioni sul distanziamento.

### **8.2.2. Parallelismi fra cavi di energia e tubazioni metalliche, interrati**

Nei parallelismi fra cavi di energia e le tubazioni metalliche saranno posati alla maggiore distanza possibile fra loro. In nessun tratto la distanza, misurata in proiezione orizzontale fra le superfici esterne di essi o di eventuali loro manufatti di protezione, deve risultare inferiore a 0,30 m.

Si può tuttavia derogare alla prescrizione suddetta previo accordo fra gli esercenti:

- a) a ) quando la differenza di quota fra le superfici esterne delle strutture interessate è superiore a 0,50 m ;
- b) quando tale differenza è compresa tra 0,30 m e 0,50 m, ma si interpongano fra le strutture elementari separatori non metallici nei tratti in cui la tubazione non è contenuta in un manufatto di protezione non metallico.

Non saranno mai disposti nello stesso manufatto di protezione cavi di energia e tubazioni per altro uso, tale tipo di posa è invece consentito, previo accordo fra gli Enti interessati, purché il cavo di energia e le tubazioni non saranno posti a diretto contatto fra loro.

### **8.3. COESISTENZA TRA CAVI DI ENERGIA E GASDOTTI**

La coesistenza tra gasdotti interrati e cavi di energia posati in cunicoli od altri manufatti, è regolamentata dal D.M. 24.11.1984 "Norme di sicurezza antincendio per il trasporto, la distribuzione, l'accumulo e l'utilizzazione del gas naturale con densità non superiore a 0,8".

Pertanto, nel caso di incroci e parallelismi tra cavi di energia e tubazioni convoglianti gas naturali le modalità di posa ed i provvedimenti da adottare al fine di ottemperare a quanto disposto dal detto D.M. 24.11.1984, saranno definiti con gli Enti proprietari o Concessionari del gasdotto. Le prescrizioni contenute negli articoli precedenti del presente Capitolo sono applicabili, ove non in contrasto col suddetto D.M.. per incroci parallelismo con cavi direttamente interrati con le modalità di posa L ed M.

### **8.4. SERBATOI DI LIQUIDI E GAS INFIAMMABILI**

Le superfici esterne di cavi di energia interrati non devono distare meno di 1 m dalle superfici esterne di serbatoi contenenti liquidi o gas infiammabili.

## 9. ATTRAVERSAMENTI DI LINEE IN CAVO CON FERROVIE, TRANVIE, FILOVIE, FUNICOLARI TERRESTRI, AUTOSTRADATE, STRADE STATALI E PROVINCIALI

In corrispondenza degli attraversamenti delle linee in cavo interrato con ferrovie, tranvie, filovie funicolari terrestri in servizio pubblico o in servizio privato per trasporto di persone, autostrade, strade statali e provinciali e loro collegamenti nell'interno degli abitati, il cavo sarà disposto entro robusti manufatti (tubi, cunicoli etc.) prolungati di almeno 0,60 m fuori della sede ferroviaria o stradale, da ciascun lato di essa, e disposti a profondità non minore di 1,50 m sotto il piano del ferro di ferrovie di grande comunicazione, non minore di 1,0 m sotto il piano del ferro di ferrovie secondarie, tranvie, funicolari terrestri, nonché sotto il piano di autostrade, strade statali e provinciali. Le distanze vanno determinate dal punto più alto della superficie esterna del manufatto. Le gallerie praticabili devono avere gli accessi difesi da chiusure munite di serrature a chiave.

Quando il cavo viene posato in gallerie praticabili sottopassanti l'opera attraversata, non si applicano le prescrizioni di cui sopra purché il cavo sia interrato a profondità non minore di 0,50 m sotto il letto della galleria, o sia protetto contro le azioni meccaniche mediante adatti dispositivi di protezione (di cemento, mattoni, legno o simili).

## 10. PRESCRIZIONI SULLA DETERMINAZIONE DELLE DISTANZE

Il rispetto delle prescrizioni sulle distanze di cui ai precedenti paragrafi sarà accertato con rilievi diretti eseguiti sul campo, qualora le strutture vengano posate congiuntamente o qualora la posa di una di esse richieda lo scoprimento almeno parziale della o delle altre. Negli altri casi le distanze saranno invece determinate in base alle strutture preesistenti, quale risulta dalle registrazioni disponibili presso i relativi esercenti e, se del caso, mediante sondaggi di verifica effettuati sul luogo.

### 10.1. CAMPI ELETTROMAGNETICI

Agli effetti dell'esposizione del corpo umano dei campi elettrici e magnetici si farà riferimento ai provvedimenti legislativi in vigore.

#### 10.1.1. Campi elettrici dovuti a linee in cavo schermato

Lo schermo dei cavi sarà sufficiente a ridurre il campo elettrico a livelli trascurabili.

### **10.1.2. Campi magnetici dovuti a linee in cavo interrato**

Per i metodi di calcolo dei campi magnetici, si farà riferimento alla Norma CEI 211-4 relativa alle linee aeree, ma utilizzabile anche nel caso di cavi sotterranei. Per la misura e la valutazione dei campi magnetici a bassa frequenza, con riferimento all'esposizione umana ad essi, si può far riferimento alla Guida CEL 211-6.

L'intensità del campo magnetico decresce rapidamente con la distanza e che l'incremento della profondità di posa e la loro disposizione a trifoglio, a parità di altre condizioni, attenuano il campo magnetico. La scelta di queste schermature è stata fatta in debita considerazione per le perdite aggiuntive per correnti indotte che necessariamente verranno a crearsi, e tale effetto dovrà essere valutato ai fini del computo della portata di corrente del collegamento.

Per la scelta delle suddette schermature è stata fatta in debita considerazione per le perdite aggiuntive per correnti indotte che necessariamente verranno a crearsi, e tale effetto dovrà essere valutato ai fini del computo della portata di corrente di collegamento. Per la scelta delle suddette schermature, far riferimento alla Guida del CT 106 e del CEI nella quale si stanno definendo criteri generali circa la mitigazione dei campi elettromagnetici.

Ulteriori dettagli in merito sono trattati nei successivi paragrafi del presente elaborato.

## **11. ACCESSORI**

### **11.1. SCELTA IN RELAZIONE ALLE CONDIZIONI DI POSA E DI ESERCIZIO**

La terminazione e le giunzioni per i cavi di energia devono risultare idonee a sopportare le sollecitazioni elettriche, termiche e meccaniche previste durante l'esercizio dei cavi in condizioni ordinarie e anomale (sovracorrenti e sovratensioni).

### **11.2. SCELTA DEGLI ACCESSORI IN RELAZIONE ALLE TENSIONI**

La tensione di designazione  $U$  degli accessori deve essere almeno uguale alla tensione nominale del sistema al quale sono destinati.

Per gli accessori destinati a sistemi a corrente alternata aventi tensione massima superiore a 72,5 KV o a sistemi a corrente continua, è opportuno che acquirente e fornitore concordino caso per caso la scelta della linea di fuga dell'isolatore più appropriata alle reali condizioni ambientali (nebbia salina, inquinamento ambientale, etc).

### 11.3. SCELTA DEGLI ACCESSORI IN RELAZIONE A CONDIZIONI DI CORRENTE DI CORTOCIRCUITO

Gli accessori devono poter sopportare le correnti di cortocircuito previste per la sezione dei conduttori, delle guaine e degli schermi dei cavi su cui vengono montati. Il superamento delle prove di cortocircuito termico dinamico previste dalla Norma CEI 20-62, è sufficiente per qualificare l'accessorio come idoneo a sopportare gli effetti termici e dinamici delle sovracorrenti di breve durata. I valori delle correnti di prova previsti dalle suddette Norme possono solo costituire una guida per la scelta dell'accessorio in relazione alle condizioni ai esercizio; in ogni caso occorre fare riferimento ai limiti di temperatura ammissibile per l'accessorio.

### 11.4. CONNESSIONI

I connettori saranno di materiale e di forma appropriati in relazione ai conduttori che dovranno collegare e alla tensione cui si prevede debbano funzionare. La rispondenza dei connettori alla Norma CEI 20-73 è condizione sufficiente per qualificarli idonei al collegamento dei conduttori per cui sono previsti. I connettori ospiteranno e tratteranno sicuramente tutti i fili elementari dei conduttori e saranno realizzati in modo tale che, durante l'esercizio, non si verificheranno sfilamenti dei conduttori conseguenti a fenomeni vibratorii, tecnici, ecc. Nel caso di conduttori di alluminio dovranno essere evitate sollecitazioni meccaniche anomale che facciano insorgere nelle parti costituenti la connessione coazioni interne tali da compromettere il contatto, adottando eventualmente idonei mezzi per ridurre tale rischio (per es. sistemi autostringenti, ovvero rondelle elastiche).

I connettori a compressione destinati a conduttori di alluminio risponderanno ai requisiti della Norma CEI 20-73. Nel caso di connessioni non saldate i connettori dovranno preferibilmente essere dello stesso metallo costituente i conduttori. Quando tuttavia si realizzerà una connessione tra conduttori di metalli diversi, i metalli impiegati devono avere potenziali intrinseci quanto più possibile prossimi tra di loro, onde limitare processi di corrosione in presenza di elettrolito (Norma CEI EN 61284).

Nel caso di connessioni non saldate comportanti una superficie di contatto in alluminio, che sarà soggetto a processi di ossidoriduzione con conseguente formazione di strati isolanti di alluminia, è opportuno adottare adeguati provvedimenti per proteggere la connessione (paste inibenti, nastri tamponanti ecc.). E' necessario inoltre che prima dell'applicazione le superfici di contatto in alluminio saranno spalmate con pasta abrasiva conduttrice.

### 11.5. ISOLAMENTO

I materiali impiegati negli accessori non daranno luogo a reazioni tali da influenzare negativamente la vita della canalizzazione.

### 11.6. CONDIZIONI DI POSA

Nel caso di connessioni di tipo permanente l'accessorio sarà installato in posizione compatibilmente con la destinazione dell'ambiente circostante e con l'esistenza di altri servizi. Per es. nel caso di giunzioni interrate è stato ritenuto opportuno evitare la loro posa in corrispondenza di passi carrai e

attraversamenti stradali. Per quanto riguarda le distanze da tenere nei confronti di altri servizi tecnologici interrati, verranno osservate le prescrizioni dell'art. 6. Nel caso di connettori sconnettibili (Norma CEI 20-28) l'accessorio sarà installato in posizione tale da permettere l'esecuzione delle manovre relative in condizioni di sicurezza. Il contenitore avrà le dimensioni tali da consentire un agevole stacco e riattacco dei circuiti interessati.

## 12. COLLAUDO DOPO POSA

### 12.1. COLLAUDO DOPO POSA

Prima della messa in servizio sarà eseguito un controllo, completato dalle prove descritte nei paragrafi seguenti, allo scopo di assicurarsi che il montaggio degli accessori sia stato eseguito senza difetti e che i cavi non siano deteriorati durante la posa. Per la messa a disposizione dei mezzi necessari ad eseguire le prove dopo posa saranno presi accordi caso per caso tra committente ed installatore.

### 12.2. PROVA DI TENSIONE APPLICATA

La prova sarà eseguita con tensione continua, applicata per 15 min tra ciascun conduttore e lo schermo. Il valore della tensione continua di prova, in kV, deve essere pari a:

- 4,5  $U_0$  per i cavi isolati in carta impregnata con  $U_0 < 36$  kV
- 4,0  $U_0$  per i cavi isolati in carta impregnata con  $36 \text{ kV} < U_0 < 130$  kV
- 3,5  $U_0$  per i cavi isolati in carta impregnata con  $130 \text{ kV} < U_0 < 230$  kV
- 3,0  $U_0$  per i cavi con isolante estruso

oppure al 50 % della tensione di tenuta ad impulso atmosferico  $U_p$ . se questo valore risulta inferiore. Se il cavo termina in un trasformatore o in un interruttore blindato, per questa prova è necessario un accordo tra committente e i costruttori o gli installatori del trasformatore o dell'interruttore e del cavo. Per cavi con isolamento estruso, la prova può essere eseguita in alternativa con uno dei metodi sotto indicati:

1. Prova alla frequenza di rete applicando la tensione di esercizio trifase del sistema per la durata di 24 ore;
2. Prova alla frequenza variabile compresa tra 20 Hz e 300 Hz applicando la tensione indicata Tensione di esercizio nominale ( $U = 36$  kV,  $U_0 = 52$  kV); Tensione di prova fase-terra 52 kV efficaci); tra il conduttore e lo schermo metallico per la durata di un'ora.

Gli attraversamenti delle opere interferenti saranno eseguiti in accordo a quanto previsto dalla Norma CEI 11-17.

### 13. SISTEMA DI TELECOMUNICAZIONI

Il sistema di telecomunicazioni sarà realizzato per la trasmissione dati Cabina di Raccolta Generale dell'impianto fotovoltaico alla S.E. del Gestore della RTN, e sarà costituito da un cavo con 12 o 24 fibre ottiche, e comunque sempre in concordanza con quanto indicato nelle specifiche dell'Ente gestore della RTN a cui ci si connette. Nella figura seguente è riportato lo schema del cavo f.o. che potrà essere utilizzato per il sistema di telecomunicazioni.

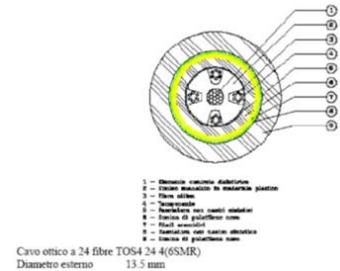


Figura 6 – Schema cavo fibre ottiche.

### 14. RUMORE

L'elettrodotto in cavo interrato non costituisce fonte di rumore.

### 15. CAMPI ELETTRICI E MAGNETICI

La linea elettrica durante il suo normale funzionamento genera un campo elettrico e un campo magnetico. Il primo è proporzionale alla tensione della linea stessa, mentre il secondo è proporzionale alla corrente che vi circola. Entrambi  $B$  decrescono molto rapidamente con la  $a$  come mostrato dai grafici riportati nel seguito.

Tuttavia nel caso di cavi interrati, la presenza dello schermo e la relativa vicinanza dei conduttori delle tre fasi elettriche **rende di fatto il campo elettrico nullo ovunque**. Pertanto il rispetto della normativa vigente in corrispondenza dei recettori sensibili **è sempre garantito** indipendentemente dalla distanza degli stessi dall' elettrodotto.

Per quanto riguarda invece il campo magnetico si rileva che la maggiore vicinanza dei conduttori delle tre fasi tra di loro rispetto alla soluzione aerea **rende il campo trascurabile già a pochi metri dall'asse dell'elettrodotto**.

### 15.1. RICHIAMI NORMATIVI

Le linee guida per la limitazione dell'esposizione ai campi elettrici e magnetici variabili nel tempo ed ai campi elettromagnetici sono state indicate nel 1998 dalla ICNIRP.

Il 12-7-99 il Consiglio dell'Unione Europea ha emesso una Raccomandazione agli Stati Membri volta alla creazione di un quadro di protezione della popolazione dai campi elettromagnetici, che si basa sui migliori dati scientifici esistenti; a tale proposito, il Consiglio ha avallato proprio le linee guida dell'ICNIRP. Successivamente nel 2001, a seguito di un'ultima analisi condotta sulla letteratura scientifica, un Comitato di esperti della Commissione Europea ha raccomandato alla CE di continuare ad adottare tali linee guida.

Successivamente è intervenuta, con finalità di riordino e miglioramento della normativa allora vigente in materia, la Legge 36/2001. che ha individuato ben tre livelli di esposizione ed ha affidato allo Stato il compito di determinare e di aggiornare periodicamente i limiti di esposizione, i valori di attenzione e gli obiettivi di qualità, in relazione agli impianti suscettibili di provocare inquinamento elettromagnetico.

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; ha definito il 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: ha definito, infine, l'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 sempre dal citato Comitato, è stata emanata nonostante che le raccomandazioni del Consiglio della Comunità Europea del 12-7-99 sollecitassero gli Stati membri ad utilizzare le linee guida internazionali stabilite dall'ICNIRP; tutti i Paesi dell'Unione Europea, hanno accettato il parere del Consiglio della CE, mentre l'Italia ha adottato misure più restrittive di quelle indicate dagli Organismi internazionali.

In esecuzione della predetta Legge, è stato infatti emanato il D.P.C.M. 8.7.2003, che ha fissato il limite di esposizione in **100 microtesla** per l'induzione magnetica e 5 kV/m per il campo elettrico: ha stabilito il valore di attenzione di **10 microtesla**, a titolo di cautela per la protezione da possibili effetti a lungo termine nelle aree gioco per l'infanzia, in ambienti abitativi, in ambienti scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore giornaliere; ha fissato, quale obiettivo di qualità da osservare nella progettazione di nuovi elettrodotti, il valore di **3 microtesla**.

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. Non si deve dunque fare riferimento al valore massimo di corrente eventualmente sopportabile da parte della linea. 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.

Al riguardo è opportuno anche ricordare che, in relazione ai campi elettromagnetici, la tutela della salute viene attuata - nell'intero territorio nazionale - esclusivamente attraverso il rispetto dei limiti prescritti dal D.P.C.M. 8.7.2003, al quale soltanto può farsi utile riferimento.

## 15.2. IPOTESI DI CALCOLO

Il livello di tensione previsto in uscita dall'impianto fotovoltaico, così come il livello di tensione previsto per la nuova connessione che si richiede all'Ente Gestore della RTN, è pari a 36 kV in osservanza alla nuova tipologia di soluzione tecnica di connessione alla RTN per gli impianti di produzione indicate nella ultima versione dell'Allegato A.2 del Codice di Rete del 15/10/2021 (TERNA), che dovrebbe consentire una "migliore integrazione degli impianti di produzione di energia elettrica di potenza fino a 100 MW attraverso soluzioni di connessione alla RTN più efficienti e adeguate alla taglia dei medesimi impianti di produzione".

Questo nuovo livello di tensione dal punto di vista della attuale normativa è classificato come alta tensione (AT) e tuttavia, considerando il fatto che 36 kV è una tensione che si discosta poco da 30 kV (diversamente dai successivi livelli di tensione "Alta Tensione" standardizzati nelle RTN quali il 110 kV, 150 kV, e superiori), e pertanto si può ragionevolmente ritenere che le considerazioni e gli andamenti qualitativi dei campi elettrici e magnetici di una linea da 36 kV siano poco dissimili da quelli di una linea in MT a 30 kV, anche in virtù del fatto che queste grandezze sono in funzione della frequenza, tensione e soprattutto della corrente in gioco.

Si evidenzia dunque che per il trasporto della potenza prodotta dall'intero campo fotovoltaico il progetto prevede l'impiego di cavi AT a 36 kV di tipo unipolare con posa interrata, disposti in linea (per correnti e relativi campi di minor valore) o a triangolo, per i quali si ritiene valga quanto riportato nella norma CEI 106-11 e nella norma CEI 11-17.

## 15.3. CONFIGURAZIONI DI CARICO

Di lato viene esposto il grafico dell'andamento qualitativo dell'induzione magnetica al suolo rispetto all'asse di un elettrodotto di tipo interrato, determinata avendo considerato una corrente in regime permanente. Considerando che l'impianto fotovoltaico avrà un funzionamento a piena potenza solo in particolari condizioni (mesi estivi) e in particolari fasce orarie giornaliere (ore di punta per l'irraggiamento solare), le ipotesi considerate rappresentano i valori massimi e NON permanenti per i fenomeni descritti.

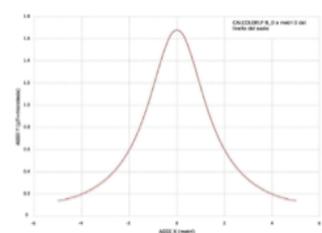


Figura 71

Nelle condizioni di funzionamento al di fuori delle ore di punta, le curve indicate manterranno le "forme" ma con valori decisamente inferiori ai massimi indicati.

Ai fini del calcolo della DPA è stata invece considerata la sezione di un cavo in alluminio capace di veicolare la corrente massima in uscita dall'impianto, secondo quanto descritto nei relativi paragrafi precedenti, ossia:

**Tratto in AT:**

- Cavo unipolare in alluminio tipo HV SUPERFLEX 38/66 kV;
- Formazione del cavo: 3x(2x300) mmq e posa a triangolo;
- Corrente di linea: 659.32 A.

Per un calcolo approssimato e indicativo, possiamo utilizzare la seguente formula:  $\frac{DPA}{\sqrt{I}} = 0,40942 \cdot x^{0,5242}$

Da cui si ottiene:

D.P.A. = 3.67 che si arrotonda al mezzo metro superiore risultando **D.P.A. = 4.00 m**.

N°	TRATTO DEL PRECORSO	NUMERO DI LINEE			POTENZA		TENSIONE	CORRENTE	Tipo	Posa		IPOTESI CAVO			DPA								
		Orig.	Add.	TOT.	[MW]	[MW]	[kV]	[A]		Seq. Linea	Seq. eq.	Diam. eq.	Dist. tra cavi	Calcolo di servizio DPA	DPA	DPA							
												[mm]	[mm]	[mm]	Cabina	Triangolo	calcolato:	[m]	[m]				
<b>LINEA DI CONNESSIONE ALLA RTN</b>																							
	Linea di connessione alla RTN	1	1	2	37,00	37,00	36	659,32	0,90	L	U	T	25,00	659,32	2x300	2x300	72,40	0,25	2,65	3,67	3,67	Linea AT	4,00

La figura sottostante fornisce la rappresentazione visiva della DPA:

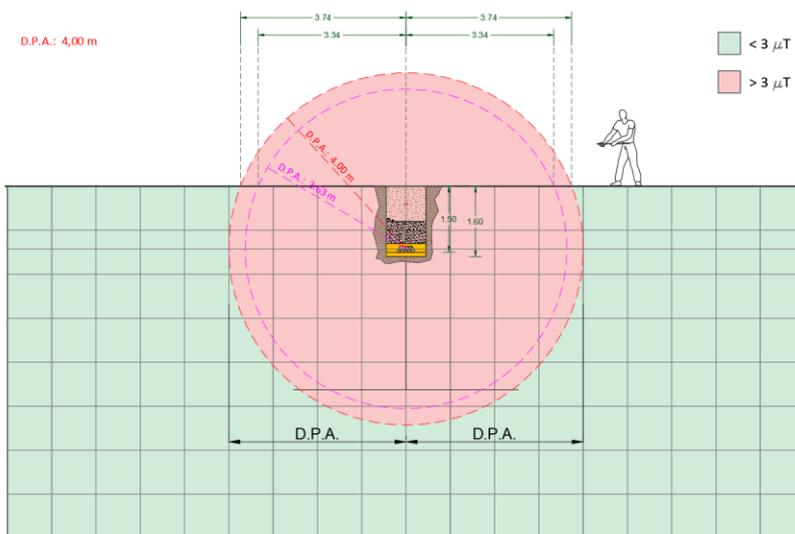


Figura 8 - Rappresentazione della DPA dovuta alla linea interrata.

Non è invece rappresentato il calcolo del campo elettrico prodotto dalla linea in cavo, poiché **in un cavo schermato il campo elettrico esterno allo schermo è nullo**.

Il tracciato di posa dei cavi è stato studiato in modo che il valore di induzione magnetica sia sempre inferiore a 3 µT in corrispondenza dei ricettori sensibili (abitazioni e aree in cui si prevede una permanenza di persone per più di 4 ore nella giornata).

Tuttavia, in casi particolari, ove necessario, potrà essere utilizzata la tecnica di posa con schermatura realizzata inserendo i cavi, con disposizione a trifoglio ed inglobati in tubi in PE riempiti di bentonite, in apposite canalette in materiale ferromagnetico riempite con cemento a resistività termica stabilizzata.

Il comportamento delle canalette ferromagnetiche è stato sperimentalmente provato ed applicato in altri impianti già realizzati con risultati attesi. L'efficacia della canaletta consentirà un'attenuazione dell'induzione magnetica pari almeno ad un ordine di grandezza; ciò che garantirà il pieno rispetto del limite imposto.

#### 15.4. CONCLUSIONI

Per quanto riguarda il campo elettrico, **esso è nullo a causa dello schermo dei cavi o assolutamente trascurabile negli altri casi, già per distanze superiori a qualche cm dalle parti in tensione.**

Le uniche radiazioni associabili a questo tipo di impianti sono le radiazioni non ionizzanti costituite dai campi elettrici e magnetici a bassa frequenza (50 Hz), prodotti rispettivamente dalla tensione di esercizio degli elettrodotti e dei vari componenti di impianto, nonché dalla corrente che li percorre. I valori di riferimento, per l'esposizione ai campi elettrici e magnetici, sono stabiliti dalla Legge n. 36 del 22/02/2001 e dal successivo DPCM 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 di 50 Hz degli elettrodotti"*.

Quindi, per quel che riguarda il campo di induzione magnetica, l'ampiezza delle DPA risultante da un calcolo di prima approssimazione per la linea di connessione alla RTN è pari a 4.00 m, come indicato al precedente paragrafo, e da quanto ad oggi rilevato risulta essere sempre al di fuori da luoghi che possano prevedere la permanenza di persone pubbliche superiori a 4 ore.

Considerando il fatto che i risultati ottenuti sono molto cautelativi in quanto:

- sono riferiti alla corrente nominale con l'impianto alla massima potenza;
- sono stati utilizzati valori di  $\cos(\phi)$  di 0.90;
- Il limite di  $3\mu\text{T}$  (obiettivo di qualità) è un valore relativo alla salvaguardia della popolazione.

per quanto sopra evidenziato, **si rileva l'assenza di fattori di rischio per la salute umana a causa delle azioni di progetto**, poiché è esclusa la presenza di recettori sensibili e di luoghi adibiti alla permanenza di persone per durate non inferiori alle 4 ore al giorno entro le DPA sopra indicate. Qualora durante la conduzione dell'impianto si venissero a creare situazioni di potenziale interferenza con la presenza di persone / personale, sarà cura del Responsabile per la Sicurezza formare il personale interessato e adottare le adeguate misure di segregazione protezione delle aree non idonee.

Per quanto riguarda le eventuali interferenze con linee adiacenti/intersecanti presenti nelle vicinanze, poiché tutte esse sono a distanza maggiore della DPA di 4.00 metri calcolata, e quest'ultima è addirittura rappresentativa di un "obiettivo di qualità", si può affermare che non vi sono situazioni di criticità per eventuali interferenze con linee di telecomunicazioni e con linee elettriche ad oggi presenti e rilevate. Ci si riserva comunque di **valutare in fase esecutiva eventuali criticità** che potrebbero scaturire dalle scelte progettuali e costruttive, o da situazioni imprevedute e non direttamente valutabili in questa fase, al fine di risolverle secondo quanto previsto dalle vigenti normative in materia.

## 16. REALIZZAZIONE DELL'OPERA

### 16.1. FASI DI COSTRUZIONE

La realizzazione dell'opera avverrà per fasi sequenziali di lavoro che permettano di contenere le operazioni in un tratto limitato della linea in progetto (circa 500 metri), avanzando progressivamente sul territorio. In generale le operazioni si articoleranno secondo le fasi elencate nel modo seguente:

- realizzazione delle infrastrutture temporanee di cantiere;
- apertura della fascia di lavoro e scavo della trincea;
- posa dei cavi e realizzazione delle giunzioni;
- ricopertura della linea e ripristini,

In alcuni casi particolari e comunque dove si renderà necessario, in particolare per tratti interni ai centri abitati e in corrispondenza di attraversamenti, si potrà procedere anche con modalità diverse da quelle su esposte.

In particolare si evidenzia che in alcuni casi sarà necessario procedere con:

- posa del cavo in tubo interrato;
- staffaggio su ponti o strutture pre-esistenti;
- perforazione teleguidata;
- realizzazione manufatti per attraversamenti corsi d'acqua.

Al termine dei lavori civili ed elettromeccanici sarà effettuato il collaudo della linea.

### 16.2. REALIZZAZIONE DELLE INFRASTRUTTURE TEMPORANEE DI CANTIERE PER LA POSA DEL CAVO

Prima della realizzazione dell'opera sarà necessario realizzare le piazzole di stoccaggio per il deposito delle bobine contenenti i cavi; di norma vengono predisposte piazzole circa ogni 500-600 metri. Tali piazzole sono, ove possibile, realizzate in prossimità di strade percorribili dai mezzi adibiti al trasporto delle bobine e contigue alla fascia di lavoro, al fine di minimizzare le interferenze con il territorio e ridurre la conseguente necessità di opere di ripristino. Si eseguiranno, se non già presenti, acesi provvisori dalla viabilità ordinaria per permettere l'ingresso degli autocarri alle piazzole stesse.

### 16.3. APERTURA DELLA FASCIA DI LAVORO E SCAVO DELLA TRINCEA

Le operazioni di scavo e posa dei cavi richiedono l'apertura di un'area di passaggio, denominata "fascia di lavoro". Questa fascia dovrà essere la più continua possibile ed avere una larghezza tale da consentire la buona esecuzione dei lavori ed il transito dei mezzi di servizio.

#### 16.4. POSA DEL CAVO

In accordo alla normativa vigente, l'elettrodotto interrato sarà realizzato in modo da escludere, o rendere estremamente improbabile, la possibilità che avvenga un danneggiamento dei cavi in tensione provocato dalle opere sovrastanti (ad esempio, per rottura del sistema di protezione dei conduttori).

Una volta realizzata la trincea si procederà con la posa dei cavi, che arriveranno nella zona di posa avvolti su bobine. La bobina viene comunemente montata su un cavalletto, piazzato ad una certa distanza dallo scavo in modo da ridurre l'angolo di flessione del conduttore quando esso viene posato sul terreno. Durante le operazioni di posa o di spostamento dei cavi saranno adottate le seguenti precauzioni:

- a) si opererà in modo che la temperatura dei cavi, per tutta la loro lunghezza e per tutto il tempo in cui essi possono venire piegati o raddrizzati, non sia inferiore a 0° C.
- b) i raggi di curvatura dei cavi, misurati sulla generatrice interna degli stessi, non devono essere mai inferiori a 15 volte il diametro esterno del cavo.

#### 16.5. RICOPERTURA E RIPRISTINI

Al termine delle fasi di posa e di rinterro si procederà alla realizzazione degli interventi di ripristino.

La fase comprende tutte le operazioni necessarie per riportare il territorio attraversato nelle condizioni ambientali precedenti la realizzazione dell' opera. Le opere di ripristino previste possono essere raggruppate nelle seguenti due tipologie principali:

- ripristini geomorfologici ed idraulici;
- ripristini della vegetazione.

Preliminarmente si procederà alle sistemazioni generali di linea, che consistono nella ri-profilatura dell'area interessata dai lavori e nella ri-configurazione delle pendenze preesistenti, ricostruendo la morfologia originaria del terreno e provvedendo alla riattivazione di fossi e canali irrigui, nonché delle linde di deflusso eventualmente preesistenti.

La funzione principale del ripristino idraulico è essenzialmente il consolidamento delle coltri superficiali attraverso la regimazione delle acque, evitando il ruscellamento diffuso e favorendo la ricrescita del manto erboso. Successivamente si passerà al ripristino vegetale, avente lo scopo di ricostituire, nel più breve tempo possibile, il manto vegetale preesistente nelle zone con vegetazione naturale. Il ripristino avverrà mediante:

- ricollocazione dello strato superficiale del terreno se precedentemente accantonato;
- inerbimento;
- messa a dimora, ove opportuno, di arbusti e alberi di basso fusto.

Per gli inerbimenti verranno utilizzate specie erbacee adatte all'ambiente pedoclimatico, in modo da garantire il migliore attecchimento e sviluppo vegetativo possibile. Le aree agricole saranno ripristinate al fine di restituire l'originaria fertilità.

#### 16.6. SCAVO DELLA TRINCEA IN CORRISPONDENZA DEI TRATTI LUNGO PERCORSO STRADALE

Tenendo conto che il tracciato si sviluppa su percorso adiacente alla sede stradale e, quando la strada lo consente e la situazione lo richiede (cioè nel caso in cui la sede stradale permetta lo scambio di due mezzi pesanti) sarà realizzata, come anticipato, la posa in scavo aperto, mantenendo aperto lo scavo per tutto il tratto compreso tra due giunti consecutivi (500-600 m) e istituendo per la circolazione stradale un regime di senso unico alternato mediante semafori iniziale e finale, garantendo la opportuna segnalazione del conseguente restringimento di corsia e del possibile rallentamento della circolazione. In casi particolari e solo quando si renderà necessario potrà essere possibile interrompere al traffico, per brevi periodi, alcuni tratti stradali particolarmente stretti, segnalando anticipatamente ed in modo opportuno la viabilità alternativa e prendendo pendendo i relativi accordi con comuni e gli enti interessati.

Sempre in caso la situazione lo richieda, per i tratti su strade strette o in corrispondenza dei centri abitati, si potrà procedere con lo scavo di trincee più brevi (anche fino a soli 30-50 m) all' interno delle quali sarà posato il tubo di alloggiamento dei cavi, da ricoprire e ripristinare in tempi brevi, effettuando la posa del cavo tramite sonda nell' alloggiamento sotterraneo e mantenendo aperti solo i pozzetti in corrispondenza di eventuali giunti.

#### 16.7. TRIVELLAZIONE ORIZZONTALE CONTROLLATA

La modalità dell' attraversamento con Trivellazione Orizzontale Controllata consente l'attraversamento di fiumi, canali o altre strutture a notevoli profondità. Questo consente grande sicurezza ed evita, inoltre, interventi alle strutture su argini e/o sponde. In tali casi, l'intervento sarà effettuato nelle fasi seguenti:

- 1) In una prima fase si realizza un foro pilota, infilando nel terreno, mediante spinta e rotazione, una successione di aste che guidate opportunamente dalla testa, creano un percorso sotterraneo che va da un pozzetto di partenza ad uno di arrivo;
- 2) nella seconda fase si prevede che il recupero delle aste venga sfruttato per portarsi dietro un alesatore che, opportunamente avvitato al posto della testa, ruotando con le aste genera il foro del diametro voluto (tipicamente un  $\Phi = 200$  mm). Insieme all' alesatore, o successivamente, vengono posate le condutture ben sigillate entro cui verrà posizionato il cavidotto.

La trivellazione viene eseguita ad una profondità di circa 10,00 m sotto l'alveo del corso d'acqua, tale da non essere interessata da fenomeni di erosione, mentre i pozzetti di ispezione che coincidono con quello di partenza e di arrivo della tubazione di attraversamento vengono realizzati alla quota del terreno.

#### 16.8. SICUREZZA NEI CANTIERI

lavori si svolgeranno in ossequio alla normativa del D. Lgs. 81/08, e successive modifiche ed integrazioni pertanto, in fase di progettazione la società proponente provvederà a nominare un Coordinatore per la sicurezza in fase di progettazione, abilitato ai sensi della predetta normativa, che redigerà il Piano di Sicurezza e Coordinamento.

Successivamente, in fase di realizzazione dell' opera, sarà nominato un Coordinatore per l'esecuzione dei lavori, anch'esso abilitato, che vigilerà durante tutta la durata dei lavori sul rispetto da parte delle dite appaltatrici delle norme di legge in materia di sicurezza e delle disposizioni previste nel Piano di Sicurezza e Coordinamento.

## 17. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

In questo capitolo si riportano i principali riferimenti normativi da prendere in considerazione per la progettazione, la costruzione e l'esercizio dell'intervento oggetto del presente documento.

Il progetto dei cavi e le modalità per la loro messa in opera rispondono alle norme contenute nel D.M. 21.03.1988, regolamento di attuazione della Legge n. 339 del 28.06.1986, per quanto applicabile, ed alle Norme CEL 11-17.

### 17.1. LEGGI

- Regio Decreto 11 dicembre 1933 n° 1775 "Testo Unico delle disposizioni di legge sulle acque e impianti elettrici";
- Legge 23 agosto 2004, n. 239 "Riordino del settore energetico, nonché delega al Governo per il riassetto delle disposizioni vigenti in materia di energia" e ss.mm.ii.;
- Legge 22 febbraio 2001, n. 36, "Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici";
- DPCM 8 luglio 2003, "Fissazione dei limiti di esposizione, 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";
- Decreto 29 maggio 2008, "Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti";
- DPR 8 giugno 2001 n°327 "Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia di Pubblica Utilità" e ss.mm.ii.;
- Legge 24 luglio 1990 n° 241, "Norme sul procedimento amministrativo in materia di conferenza dei servizi" come modificato dalla Legge 11 febbraio 2005, n. 15, dal Decreto legge 14 marzo 2005, n. 35 e dalla Legge 2 aprile 2007, n. 40;
- Decreto Legislativo 22 gennaio 2004 n° 42 "Codice dei Beni Ambientali e del Paesaggio, ai sensi dell'articolo 10 della legge 6 luglio 2002, n. 137";
- Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 12 dicembre 2005 "Individuazione della documentazione necessaria alla verifica della compatibilità paesaggistica degli interventi proposti, ai sensi dell'articolo 146, comma 3, del Codice dei beni culturali e del paesaggio di cui al decreto legislativo 22 gennaio 2004, n. 42";
- Decreto Legislativo 3 aprile 2006, n. 152 "Norme in materia ambientale" e ss.mm.ii.;
- Legge 5 novembre 1971 n. 1086. "Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica. Applicazione delle norme sul cemento armato";

- Decreto Interministeriale 21 marzo 1988 n. 449 "Approvazione delle norme tecniche per la progettazione, l'esecuzione e l'esercizio delle linee aeree esterne";
- D.M. 03.12.1987 Norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo delle costruzioni prefabbricate;
- CNR 10025/98 Istruzioni per il progetto, l'esecuzione ed il controllo delle strutture prefabbricate in calcestruzzo;
- D.Lgs. n. 192 del 19 agosto 2005 Attuazione della direttiva 2002/91/CE relativa al rendimento energetico nell'edilizia.
- Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni». D. M. 17 gennaio 2018.

## 17.2. NORME TECNICHE

- CEI 11-4, "Esecuzione delle linee elettriche esterne", quinta edizione, 1998:09;
- CEI 11-60, "Portata al limite termico delle linee elettriche aeree esterne", seconda edizione, 2002-06;
- CEI 211-4, "Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee elettriche", seconda edizione, 2008-09;
- CEI 211-6, "Guida per la misura e per la valutazione dei campi elettrici e magnetici nell'intervallo di frequenza 0 Hz - 10 kHz, con riferimento all'esposizione umana", prima edizione, 2001-01;
- CEI 103-6 "Protezione delle linee di telecomunicazione dagli effetti dell'induzione elettromagnetica provocata dalle linee elettriche vicine in caso di guasto", terza edizione, 1997:12;
- CEI 11-1, "Impianti elettrici con tensione superiore a 1 kV in corrente alternata", nona edizione, 1999-01;
- CEI 304-1 "Interferenza elettromagnetica prodotta da linee elettriche su tubazioni metalliche Identificazione dei rischi e limiti di interferenza", ed. prima 2005;
- CEI 106-11, "Guida per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti secondo le disposizioni del DPCM 8 luglio 2003 (Art. 6) - Parte 1: Linee elettriche aeree e in cavo", prima edizione, 2006:02;
- CEI EN 61936-1 "Impianti elettrici con tensione superiore a 1 kV in c.a - Parte 1: Prescrizioni comuni";
- CEI EN 50522 "Messa a terra degli impianti elettrici a tensione superiore a 1 kV in c.a";
- CEI 11-17, "Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione dell'energia elettrica – Linee in cavo", terza edizione, 2006-07.

## 18. VALUTAZIONE DEGLI IMPATTI

### 18.1. PREMESSA

La società Beta Toro S.r.l. con sede in Via Mercato 3 - 20121 Milano - ha in progetto la realizzazione di un impianto fotovoltaico formato da due area in agro del Comune di Cheremule (SS) in località "Perda Chessa" e "Su Campu", articolato su due lotti per complessivi 81 ettari e svilupperà una potenza nominale 42'312,6 kWp.

Il tracciato del cavidotto, snodandosi per circa 15 km, attraversa i territori dei comuni di Cheremule (SS), Giave (SS), Torralba (SS) e infine Bonorva (SS) dove ricade anche la stazione Terna.

La seguente tabella fornisce un quadro della ripartizione della superficie totale dell'impianto.

Superficie totale del progetto	Ha 81.00.62	%
Superficie netta occupata dall'impianto	Ha 20.50.06	25.31
Superficie utilizzabile agricoltura (sup. coltivabile)	Ha 67.41.96	83.23
Superficie di rispetto perimetrale (aree verdi di mitigazione)	Ha 4.35.55	5.37
Superfici occupate dalla viabilità	Ha 5.44.95	6.73
Tare	Ha 3.78.16	4.66

Le caratteristiche dell'impianto in oggetto sono riassunte nella seguente tabella.

<b>Luogo di installazione</b>	Comune di Cheremule– Provincia di Sassari – Sardegna
<b>Denominazione impianto</b>	Cheremule 1 FV
<b>Potenza di picco</b>	42.312,6 MWp
<b>Tensione di sistema</b>	1.500 Vcc
<b>Tipologia</b>	Impianto fotovoltaico montato a terra e connesso alla rete di distribuzione di Trasmissione nazionale Terna con POD a 36 kV.
<b>Generatore fotovoltaico</b>	Moduli fotovoltaici in silicio cristallino montati su struttura metallica del tipo inseguitore solare, cabinati di conversione AC-DC con trasformatore di potenza MT/BT (Power Station) e cabina centrale di raccolta MT (MTR).
<b>Tipo strutture di sostegno</b>	Inseguitori monoassiali con asse di rotazione Nord-Sud (orientamento Est-Ovest) su montanti in acciaio infissi nel terreno (pali battuti e/o pali trivellati).
<b>Inclinazione piano dei moduli</b>	Variabile
<b>Azimut di installazione</b>	Est - Ovest
<b>Coordinate</b>	40.47°N ; 8.72°E
<b>Altitudine (s.l.m.)</b>	413 m

L'impianto in progetto è strutturato su due campi che saranno connessione alla stazione Terna, localizzata in comune di Bonorva (SS), tramite un cavidotto AT che snodandosi per circa 15 km, attraversa i territori dei comuni di Cheremule (SS), Giave (SS), Torralba (SS) e infine Bonorva (SS).

Nella figura 9 sono rappresentati in verde i perimetri delle due aree (i due campi) su cui saranno installati i moduli fotovoltaici e, in giallo, il tracciato che seguirà il cavidotto di connessione dell'impianto fv alla RTN.

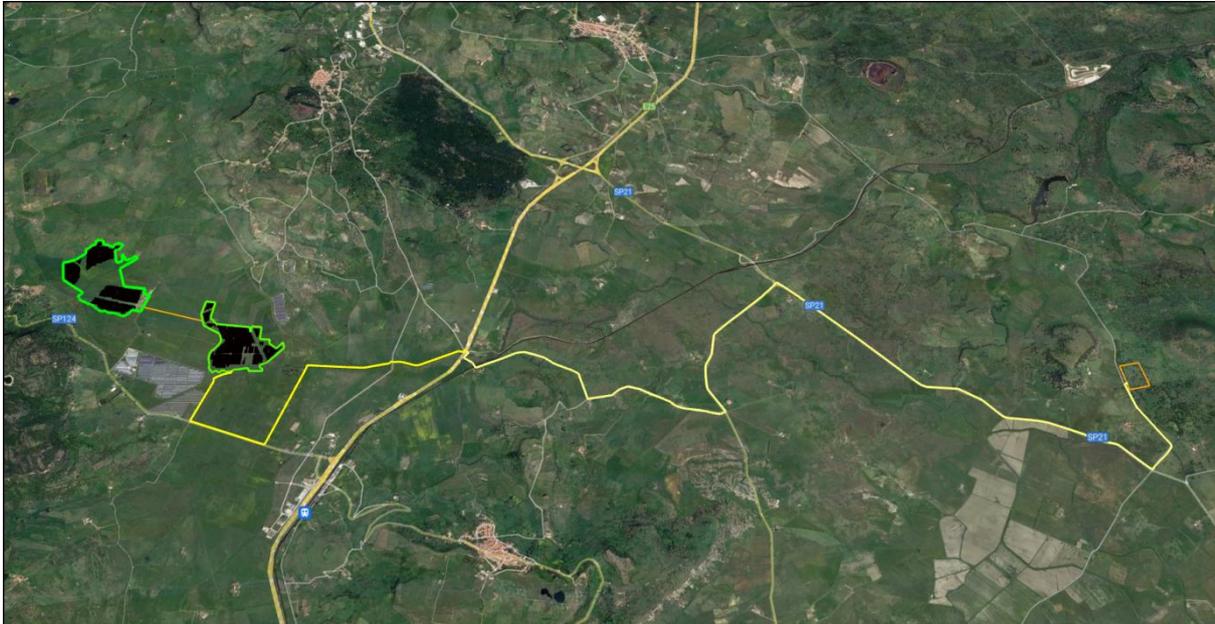


Figura 9 Ubicazione dell'impianto fv, della S.E. TERNA e del cavidotto di connessione.

## 19. INQUADRAMENTO TERRITORIALE

Le due aree interessate dall'impianto agri-fotovoltaico si estendono per circa 81 ettari che ricadono nel territorio comunale di Cheremule (SS) nella regione storica del Meilogu (figura 2).

L'impianto e il tracciato della connessione alla stazione Terna ricadono nel Foglio IGM 480 sez. III in scala 1:25.000 e nel foglio CTR 480 sez. 090 e 100 in scala 1:10.000.

L'impianto agri-fotovoltaico è localizzato nel settore settentrionale della piana di Campu Giavesu, su morfologia pianeggiante, delimitata a ovest dai rilievi vulcanici di Monte Traessu, Monte Ferulosu e Monte Sedda Oro; a est dai rilievi di Monte Ammuradu, Cuccuru del Monte, Monte Figunni e Pedra Mendarza. I rilievi collinari sono costituiti in parte da prodotti vulcanici oligo-miocenici e plio-quadernari, in parte da sedimenti marini miocenici. Le quote altimetriche sono comprese tra i 410 m s.l.m. della piana di Campu Giavesu e i 650 m s.l.m. dei principali rilievi circostanti che definiscono la conca stessa.

Il settore è attraversato dal Rio Mannu di Mores, appartenente al bacino idrografico del Coghinias. Il corso d'acqua trae origine dalle pendici di Monte Traessu, Monte Ferulosu e Monte Sedda Oro e si sviluppa in direzione Sud Ovest-Nord Est. L'asta impluviale è in massima parte canalizzata e costituisce la principale linea di drenaggio delle acque superficiali circostanti. Sono presenti altri rii minori, molti dei quali in buona parte canalizzati.

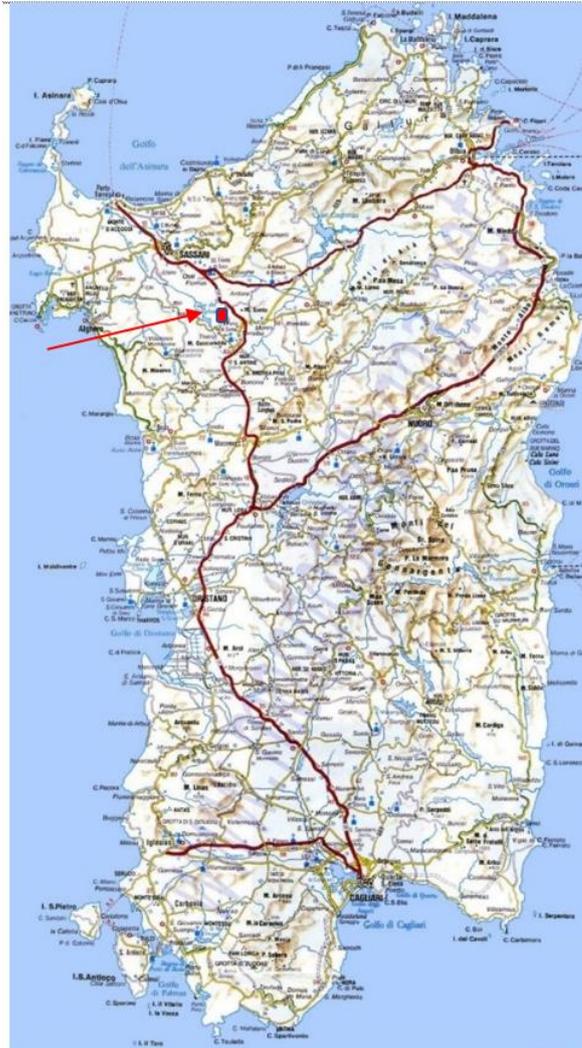


Figura 10 – Ubicazione dell'impianto fv.

## 20. CAVIDOTTO

### 20.1 -QUADRO NORMATIVO

La realizzazione di una linea in cavo sotterraneo (trincea, protezioni, segnaletica) è disciplinata dalla Norma CEI 11-17. In particolare, la norma stabilisce che al fine di garantire l'integrità dei cavi, nel caso di cavi MT posati a profondità inferiori a 1,7 m, sia predisposta una robusta protezione meccanica in grado di assorbire, senza danni per il cavo stesso, le sollecitazioni meccaniche, statiche e dinamiche, derivanti dal traffico veicolare (resistenza a schiacciamento) e dagli abituali attrezzi manuali di scavo (resistenza a urto).

Il Nuovo Codice della Strada prescrive che la profondità minima di posa per le strade di uso pubblico ricada ad 1 m dall'estradosso della protezione:

Per tutti gli altri suoli e le strade di uso privato la norma CEI 11-17 stabilisce la profondità minima di posa in 0,6 m (su terreno privato) e 0,8 m (su terreno pubblico). In aggiunta alle prescrizioni normative, è buona pratica attenersi ai seguenti principi informativi:

- i cavidotti, anche se posati a profondità superiore a 60 cm, siano sempre dotati di una protezione meccanica supplementare (tegolo o lastra);
- i cavidotti posati a profondità compresa fra 40 cm e 60 cm siano annegati in un getto di calcestruzzo (cemento magrone con dosaggio inferiore a 150 kg/m<sup>3</sup>);
- i cavidotti posati a profondità inferiore a 40 cm o comunque transitanti all'interno dell'edificio servito (detto percorso dovrà sempre essere il più breve possibile) siano installati all'interno di un tubo in acciaio dotato di una protezione meccanica supplementare (tegolo o lastra);
- il percorso dei cavidotti dovrà essere tale da consentire un'agevole stesura dei cavi possibilmente senza dover ricorrere all'uso di pozzetti rompitratta;
- qualora fosse necessario ricorrere a pozzetti rompitratta, questi dovranno presentare dimensioni idonee (indicativamente 1000 x 1000 mm).

Qualunque sia la profondità di installazione dei cavidotti, è sempre consigliabile posare un nastro monitor ad una distanza di circa 20-30 cm sopra la tubazione in modo da segnalarne la presenza durante eventuali scavi.

## **20.2 - CRITERI DI SCELTA DEL TRACCIATO**

La scelta del tracciato del cavidotto scaturisce da un processo di valutazione che ha cercato limitare ed ove possibile eliminare gli oneri ambientali legati alla realizzazione dell'opera

In particolare, la scelta ha cercato di coniugare i seguenti principi:

- evitare interferenze con ambiti tutelati ai sensi dei vigenti piani urbanistico-territoriali-paesaggistici-ambientali;
- minimizzare la lunghezza dei cavi al fine di ottimizzare il layout elettrico d'impianto,
- garantirne la massima efficienza, limitare e contenere gli impatti indotti dalla messa in opera dei cavidotti;
- limitare i costi sia in termini ambientali che monetari legati alla realizzazione dell'opera;
- utilizzare, ove possibile, la viabilità esistente, al fine di limitare l'occupazione territoriale;
- garantire la sicurezza dei cavidotti, in relazione ai rischi di spostamento e deterioramento dei cavi;
- garantire la fattibilità della messa in opera limitando i disagi legati alla fase di cantiere.

### 20.3 – PERCORSO DEL TRACCIATO

La connessione dell'impianto fotovoltaico prevede la realizzazione di un cavidotto che partendo dalla Cabina di Raccolta Generale collega l'impianto fotovoltaico all'area SE Terna di nuova realizzazione.

La connessione avverrà tramite un cavidotto che si estende per poco meno di 15 Km.

Partendo dalla cabina di raccolta il tracciato si sviluppa per circa 750 m lungo una strada di penetrazione agraria che incontra la SP 124 sulla quale continua il suo percorso per altri 830 metri fino ad incontrare una strada secondaria che, dopo 1800 metri circa incontra il Riu Mannu.

Il percorso continua lungo la strada che si snoda, per circa 1.600 metri, lungo l'argine sulla sponda del Riu Mannu per poi attraversarlo su un ponte.

Attraversa quindi la SS 131 Carlo Felice in un sottopasso e dopo un breve tratto lungo una strada comunale supera la ferrovia e prosegue in direzione Est per oltre 5 km fino ad incontrare la SP 21 sulla quale continua il percorso per oltre 4 km in direzione SE dove incontra la SP 83 lungo la quale, dopo poco oltre un 1 km, arriva fino al sito dove è prevista la Stazione Terna.

Lungo il percorso, il tracciato del cavidotto incontra una serie di interferenze rappresentate, a titolo esemplificativo nelle foto qui di seguito proposte. Per la rappresentazione dettagliata dell'intero tracciato si rimanda all'elaborato cartografico TAV\_TC\_04\_INTERF.

Le interferenze interessano accessi a fondi rurali e strutture di attraversamento stradali.



Figura 11.

## 20.4 – IL CONTESTO GEOLOGICO

L'area di progetto ricade nella regione del Meilogu, in territorio comunale di Cheremule, nel settore settentrionale della piana di Campu Giavesu delimitata dai rilievi vulcanici oligo-miocenici di Monte Traessu, Monte Ferulosu e Monte Sedda Oro, ad ovest, che determinano così, in questo settore, una sorta di chiusura a conca.

Verso est, la conca è delimitata dai rilievi, in parte costituiti da prodotti vulcanici, di età oligo-miocenica e plio-quadernaria, ed in parte da sedimenti marini miocenici, di Monte Ammuradu, Cuccuru del Monte, Monte Figunni e Pedra Mendarza.

Le quote altimetriche sono comprese, approssimativamente, tra 410-420 m s.l.m. della piana di Campu Giavesu e 550-650 m s.l.m., con maggiore variabilità di quote, dei principali rilievi circostanti che definiscono la conca stessa. Verso nord, le quote si abbassano progressivamente, pur con interruzioni di rilievi collinari, verso il bacino idrografico del Rio Mannu. Il territorio di Campu Giavesu, da un punto di vista geo-strutturale, è ubicato all'interno di una fossa tettonica alquanto articolata e complessa con andamento generale N-S, di strutturazione terziaria oligo-miocenica, riempita e colmata dapprima da prodotti vulcanici lavici e piroclastici (andesiti, rio-daciti e rioliti) oligo-miocenici e quindi da sedimenti di ambiente marino o di transizione (lacustre/palustre). In particolare, questo settore è ubicato immediatamente a sud del graben coniugato (Fossa di Chilivani, orientata ENE-OSO) che si innesca nel graben principale. Completano il quadro tettonico le faglie/fratture, con direzioni NNO-SSE, attivate nel Quaternario che hanno dato origine alle colate basaltiche, neck ed agli associati prodotti piroclastici e di scorie più recenti Monte Cuccuruddu, Pedra Mendarza, Monte Annaru.

### 20.4.1. Formazioni geologiche

In questo contesto tettonico generale le formazioni geologiche affioranti, o e qui di seguito descritte.

### 20.4.2. Cenozoico:

Sono riferibili a questa era le formazioni vulcaniche e sedimentarie che interessano l'impianto fotovoltaico in oggetto. A livello regionale le vulcaniti oligo-mioceniche, di ambiente orogenico, si sono messe in posto secondo la seguente successione spazio-temporale.

Nell'intervallo di tempo compreso tra 32 e 26 Ma, lave calcicoline intermedio-basiche (andesiti e andesiti basaltiche) si sono riversate sporadicamente all'interno ed ai bordi del graben principale e di quelli associati che attraversano la Sardegna occidentale da nord a sud. I loro prodotti sono presenti principalmente come cupole o colate laviche e, in misura minore, come corpi ipoabissali.

A partire da circa 23 Ma. flussi piroclastici altamente esplosivi (composizionalmente variabili da rioliti a andesiti), derivanti da anatessi della crosta continentale e/o frazionamento da magmi parentali basici, si sono riversati in vasti settori dei suddetti graben, in alternanza con lave basiche, intermedie ed acide. Sia l'attività effusiva che quella esplosiva sono continuate fino al 13 Ma circa, quando cessarono i movimenti di deriva e l'arco vulcanico sardo divenne inattivo.

La maggior parte dei prodotti di questa attività vulcanica sono stati emessi e depositati in un ambiente subaereo.

Tuttavia, in alcune aree, vulcaniti da basiche a intermedie, come lave a cuscino, ialoclastiti e breccie di esplosione, generate dall'attività vulcanica sottomarina sin-rift (nell'arco di tempo 21-18 Ma, sono anche presenti, intercalati in rocce sedimentarie).

Piroclastiti di flusso a bassa saldatura (pomiceo-cineritiche), con composizioni da riolite a riodacite, eruttate da vulcani subaerei, si trovano intercalate in sedimenti marini pelagici post-rift (es. "Unità delle Marne di Gesturi "in Marmilla) - o in ambiente fluvio-lacustre ("Lacustre" nella Valle del Tirso, nell'Anglona e nel Logudoro).

Nel Logudoro, gli ultimi episodi ignimbrici, a prescindere dal grado di saldatura, hanno un carattere alto in potassio di tipo Shoshonitico. In particolare, nel settore interessato e cartografato, affiorano direttamente, in successione stratigrafica talora incerta per la mancanza di rapporti stratigrafici e contatti diretti tra i prodotti delle diverse unità vulcaniche oligo-mioceniche.

Segue quindi la successione sedimentaria marina che ospita anche intercalazioni di prodotti piroclastici, provenienti da apparati vulcanici localizzati sulle allora terre emerse, e depositi in ambiente marino o lacustre.

Chiudono quindi la sequenza litologica del settore le lave basaltiche e le relative scorie plio-quadernarie di ambientazione anorogena.

La successione è pertanto la seguente:

LITOLOGIE	PIANO
Lave da andesiti ad andesiti basaltiche	AQUITANIANO - BURDIGALIANO (MTD)
Depositi di flusso piroclastico in facies ignimbricitica, variamente saldati, grigiastri	BURDIGALIANO (UUI)
Rioliti in colate e depositi piroclastici tipo block and ash flows prevalentemente monogenici e caotici).	BURDIGALIANO (TSU)
Depositi di flusso piroclastico in facies ignimbricitica, saldati, di colore rossastro, con fiamme grigiastre.	BURDIGALIANO (SSU)
Andesiti, andesiti basaltiche e basalti in filoni e dicchi.	BURDIGALIANO (RDS)
Depositi di flusso piroclastico in facies ignimbricitica, pomiceo-cineritici, bianco-grigiastri, non saldati.	BURDIGALIANO (ILV)
Depositi epiclastici con intercalazioni di selci, siltiti e marne con resti di piante, conglomerati, e calcari silicizzati di ambiente lacustre	BURDIGALIANO (LRM)
Calcareniti, calcari bioclastici fossiliferi.	BURDIGALIANO sup. (RESa)
Marne, marne arenacee bioturbate e calcari marnosi, localmente in alternanze ritmiche	LANGHIANO (RTU)
Trachibasalti generalmente olocristallini.	PLEISTOCENE MEDIO (BGD4)
Coltri eluvio-colluviali.	OLOCENE (b2).

Relativamente ai depositi sedimentari di ambiente marino e soprattutto di ambiente di transizione (lacustre e/o fluvio-deltizio) ed i prodotti piroclastici ad essi intercalati anche ripetutamente, va messo in evidenza che questi ultimi, a causa dell'ambiente di deposizione, risultano spesso argillificati e bentonizzati con connessi e conosciuti fenomeni di ricircolazione e deposizione di silice e silicizzazione indotta dei sedimenti carbonatici.

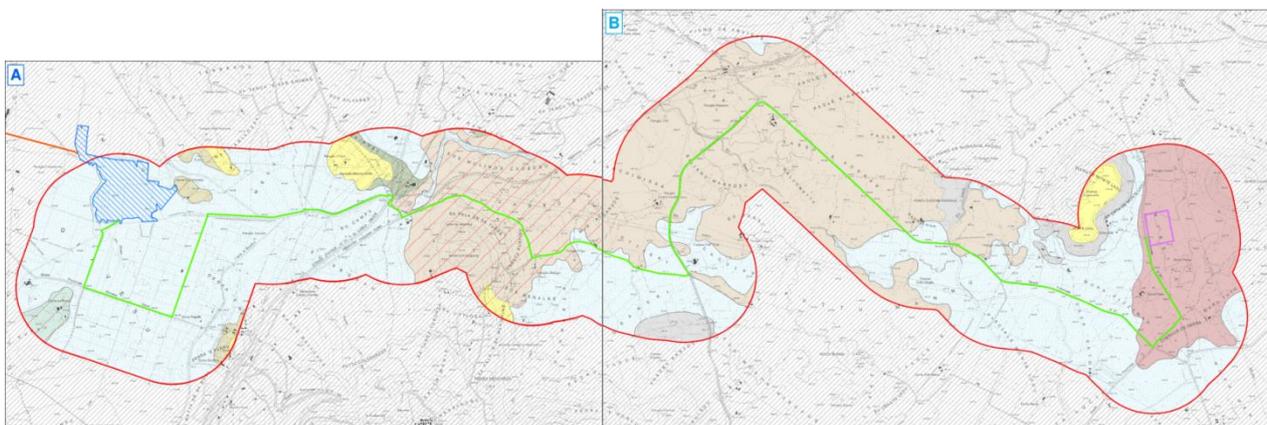
### 20.4.3. Contesto geologico dell'area di progetto

Le due aree che ospiteranno i moduli fotovoltaici ricadono nella parte pianeggiante di Campu Giavesu caratterizzata da coltri eluvio-colluviali oloceniche, di debole spessore.

Questi depositi recenti e attuali ricoprono a loro volta sia le lave andesitiche "MTD", sia i depositi di flusso piroclastico in facies ignimbratica, a varia saldatura, "UUU", sia i depositi epiclastici con intercalazioni di selci, siltiti e marne ambiente lacustre.

La componente argillosa sia delle marne che delle piroclastiti argillificate giustifica le condizioni di scarso drenaggio del pianoro con formazione di ristagni d'acqua e di piccole paludi durante i periodi di maggiori precipitazioni. Buona parte del tracciato del cavidotto si sviluppa su questi depositi, mentre in subordine una parte si snoda su colate di basalti.

Dell'area vasta è stata realizzata la carta geologica in scala 1:10.000 (TAV\_GEN\_08\_GEO) mentre la geologia del tracciato di connessione è rappresentato nell'elaborato TAV\_CON\_08\_GEO della quale si riporta uno stralcio nella sottostante figura 12:



#### LEGENDA

SIMBOLO	DESCRIZIONE
	b2 - Coltri eluvio-colluviali, OLOCENE
	BGDS - Basalti transizionali e alcalbasalti in limitate colate, PLEISTOCENE MEDIO
	BGD3 - Basalti alcalini, porfiri per fenocristalli, PLEISTOCENE MEDIO
	RESa - Calcareniti, calcari bioclastici fossiliferi, BURDIGALIANO SUP.
	LRM - Depositi epiclastici con intercalazioni di selci, siltiti e marne con resti di piante, conglomerati, e calcari silicizzati di ambiente lacustre, BURDIGALIANO
	TSU - Lave riolitiche in colate e block and ash, BURDIGALIANO
	HYN - Depositi di flusso piroclastico pomiceo-ciniferici in facies ignimbratica, BURDIGALIANO

Figura 12 – Stralcio della Carta Geologica e relativa legenda

## 20.5 – USO DEL SUOLO

La seguente figura rappresenta l'uso del suolo delle aree attraversate dal caviodotto. Trattasi di usi agricoli caratterizzati da seminativi non irrigui e prati artificiali

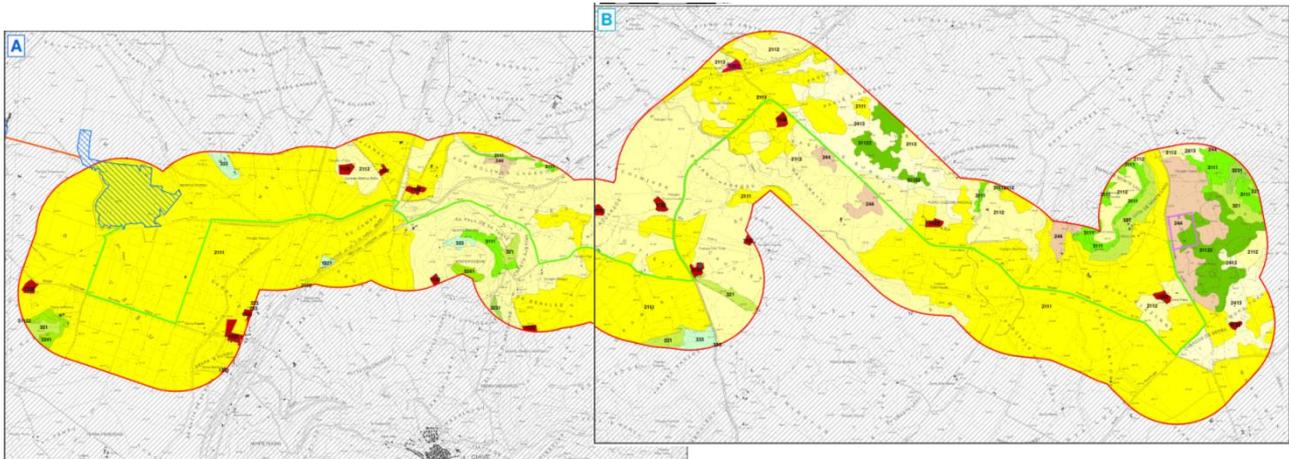


Figura 13 – Stralci della Carta Uso del Suolo e relativa legenda

LEGENDA	
SIMBOLO	DESCRIZIONE
	1122 - Fabbricati rurali
	1211 - Insediamenti industriali, artigianali e commerciali e spazi annessi
	1221 - Reti stradali e spazi accessori
	1222 - Reti ferroviarie e spazi annessi
	2111 - Seminativi in aree non irrigue
	2112 - Prati artificiali
	223 - Oliveti
	2413 - Reti ferroviarie e spazi annessi
	244 - Aree agroforestali
	3111 - Bosco di latifoglie
	31122 - sugherete
	321 - Aree a pascolo naturale
	3231 - Macchia mediterranea
	3241 Aree a ricolorizzazione naturale
	333 - Aree con vegetazione rada > 5% e < 40%

## 21. ANALISI DEI LIVELLI DI TUTELA E PIANIFICAZIONE TERRITORIALE

### 21.1 - PREMESSA

Il percorso del cavidotto si sviluppa interamente negli assi stradali e pertanto insiste su un tracciato fortemente alterato dall'attività antropica. Giova richiamare che la realizzazione del cavidotto genera impatti temporanei e reversibili.

Ai fini della valutazione degli impatti potenzialmente generati dalla realizzazione del cavidotto sul contesto di area vasta, si è proceduto ad analizzare la presenza di vincoli e prescrizioni con particolare riferimento a:

- Piano Paesaggistico Regionale (PPR)
- Piano di Assetto Idrogeologico (PAI)
- Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (PGRA)
- Piano stralcio delle Fasce Fluviali (PSFF)

Oltre a questi piani, la valutazione ha analizzato il contesto dai seguenti punti di vista:

- fauna, flora;
- valenze archeologiche, storiche, culturali.

Gli impatti temporaneamente e potenzialmente indotti dalle attività connesse all'intervento e i relativi ricettori sono riportati nella seguente tabella.

<b>IMPATTI</b>	<b>RICETTORI</b>
Alterazione ecosistema	Fauna, flora, vegetazione
Produzione terre da scavo	Suolo
Inquinamento acustico	Fauna, addetti ai lavori
Inquinamento da polvere	Vegetazione e flora
Emissioni gas dai mezzi meccanici	Atmosfera
Distruzione emergenze archeologiche	Beni archeologici

### 21.2 - PIANO PAESAGGISTICO REGIONALE (PPR)

L'intervento in progetto interessa un'area esterna agli ambiti di paesaggio costiero entro cui il PPR è immediatamente efficace.

E' da ascrivere all'art. 102 del PPR: *sistema delle infrastrutture comprende i nodi dei trasporti (porti, aeroporti e stazioni ferroviarie), la rete della viabilità (strade e ferrovie), il ciclo dei rifiuti (discariche, impianti di trattamento e incenerimento), il ciclo delle acque (depuratori, condotte idriche e fognarie), il ciclo dell'energia elettrica (centrali, stazioni e linee elettriche) gli impianti eolici e i bacini artificiali.*

Il PPR prevede che l'analisi territoriale finalizzata alla ricognizione dei beni paesaggistici e alla indicazione della disciplina per la tutela si articola in:

- a. assetto ambientale,
- b. assetto storico-culturale
- c. assetto insediativo.

### 21.3- ASSETTO AMBIENTALE

L'art. 17 del PPR definisce l'assetto ambientale come *l'insieme degli elementi territoriali di carattere biotico (flora, fauna ed habitat) e abiotico (geologico e geomorfologico), con particolare riferimento alle aree naturali e seminaturali, alle emergenze geologiche di pregio e al paesaggio forestale e agrario, considerati in una visione ecostemica correlata agli elementi dell'antropizzazione.*

Nella figura seguente si riporta lo stralcio della carta dell'assetto ambientale del PPR che interessa l'area del progetto agri-fotovoltaico (TAV\_GEN\_15\_AMB).

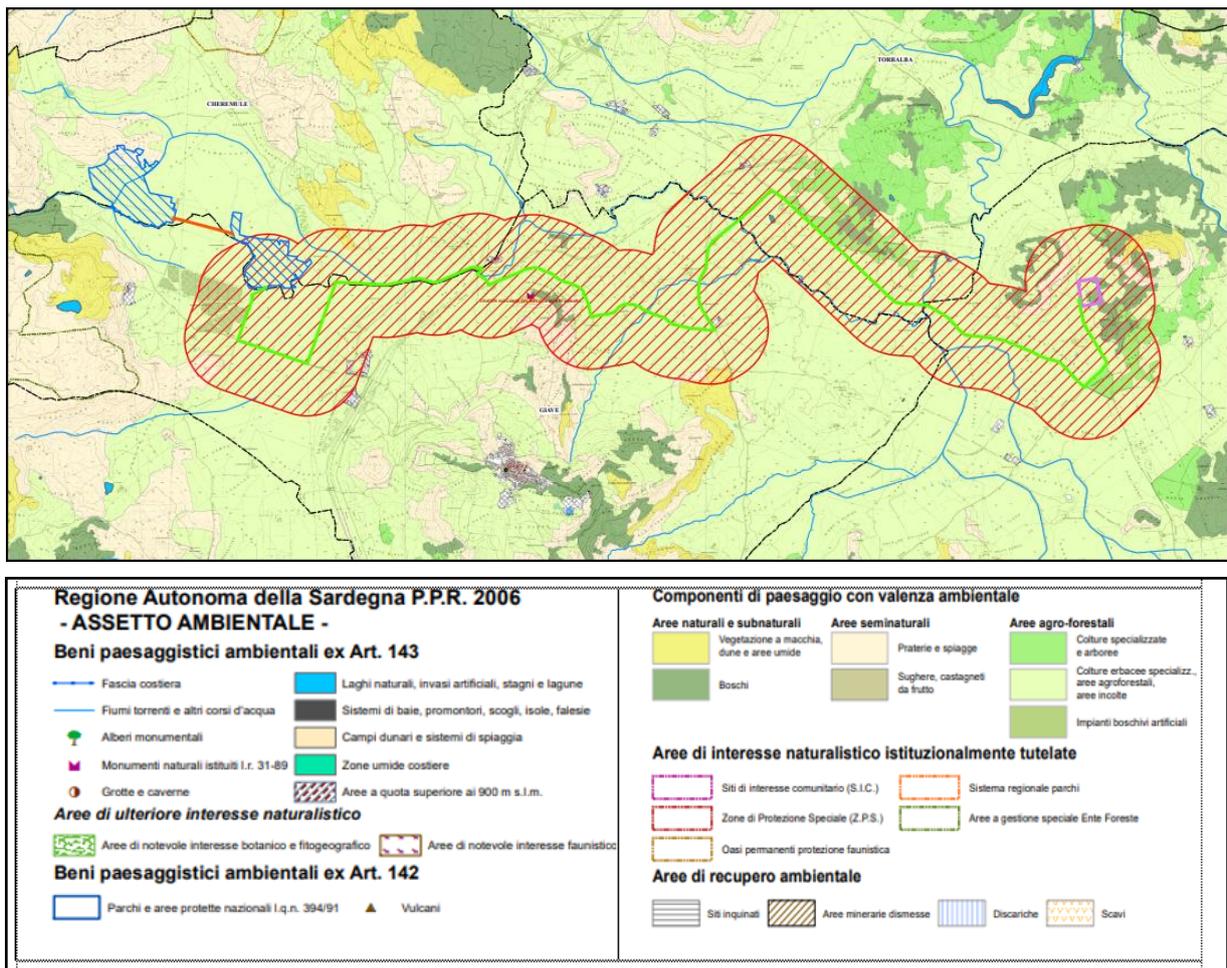


Figura 14 – Stralcio della Carta dell'assetto ambientale PPR e relativa legenda

L'assetto ambientale ricomprende le seguenti categorie:

- Beni Paesaggistici ambientali
- Componenti di paesaggio con valenza ambientale
- Aree di interesse naturalistico istituzionalmente tutelate
- Aree di recupero ambientale

Per quanto concerne i **Beni Paesaggistici** l'area di intervento è interessata da *“Fiumi torrenti e corsi d'acqua e relative sponde o piedi degli argini, per una fascia di 150 metri ciascuna, e sistemi fluviali, ripariali, risorgive e cascate, ancorché temporanee”*

Infatti, il tracciato del cavidotto di connessione alla SE Terna, per un tratto, è posizionato lungo la strada che si snoda, per circa 1.600 metri, lungo l'argine sulla sponda del Riu Mannu (fig. 15). Il tracciato del cavidotto si allontana poi dal corso del Riu Mannu per proseguire lungo assi stradali.



Figura 15 – Tratto di cavidotto lungo argine della sponda del Riu Mannu

**Considerato che il cavidotto sarà posizionato interamente nell'asse stradale, si ritiene che non sussistano interferenze dirette con il con il Riu Mannu,**

Per quanto concerne le **Componenti di Paesaggio con Valenza Ambientale**, come si evince dallo stralcio della carta dell'assetto ambientale riportato in figura 14, il tracciato del cavidotto si snoda lungo aree *ad utilizzazione agro-forestale*, che il PPR (Artt. 28, 29, 30) definisce come *aree con utilizzazioni agro-silvopastorali intensive, con apporto*

di fertilizzanti, pesticidi, acqua e comuni pratiche agrarie che le rendono dipendenti da energia suppletiva per il loro mantenimento e per ottenere le produzioni quantitative desiderate.

Più precisamente il tracciato del cavidotto si sviluppa in *Aree ad utilizzazione agro-forestale* utilizzate a colture erbacee specializzate.

Per quanto riguarda le **Aree interesse naturalistico istituzionalmente tutelate** il tracciato del cavidotto si sviluppa lungo assi stradali che attraversano la ZPS ITB 013049 "Campu Giavesu" (fig. 15).

In ottemperanza all'articolo 6, comma 3, della Direttiva 92/43/CEE "Habitat", è stato predisposto lo studio di Valutazione di Incidenza Ambientale al fine di individuare e valutare gli effetti che la realizzazione del progetto potrebbe generare nell'area protetta.

Per una esaustiva trattazione si rimanda allo studio di Valutazione di Incidenza Ambientale REL\_SP\_VINCA.

Un tratto del tracciato del cavidotto percorre un areale, in parte sovrapposto a quello della ZPS, interessato dalla presenza della gallina prataiola (fig.16).

Il sito è caratterizzato dalla presenza di ambienti substeppici ed è un'area di riproduzione di diverse specie dell'art.4 della direttiva 2009/147/CE, quali *Tetrax tetrax*, *Burhinus oedicnemus*, *Lullula arbore* e *Melanocorypha calandra*.

Nel sito sono segnalate ulteriori specie che contribuiscono a rendere il compendio ambientale idoneo per la conservazione dell'avifauna. Inoltre, il sito è rappresentativo per gli habitat prioritari 6220 e 3170 della Direttiva 92/43/CEE. (Fonte: Rete Natura 2000, modificato).

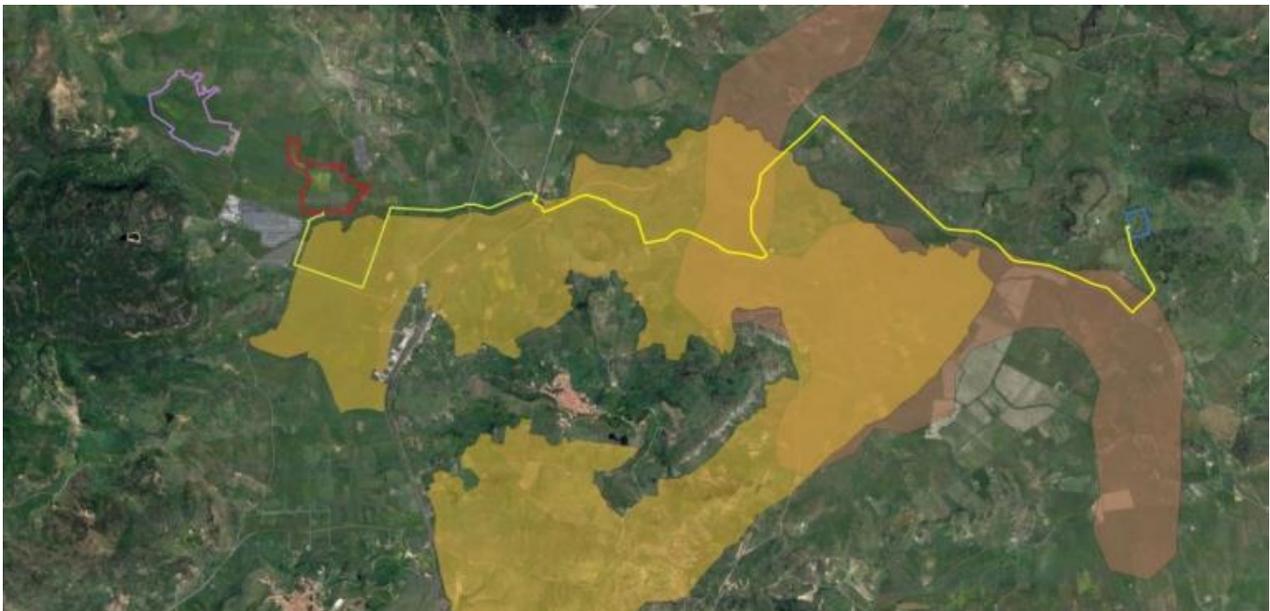


Figura 16 – Inquadramento geografico dell'area con indicate l'area della ZPS (giallo ocra) e quella dove è stata individuata la Gallina prataiola (area color nocciola).

#### 21.4- ASSETTO STORICO-CULTURALE

L'art. 47 del PPR definisce l'assetto storico culturale costituito dalle aree, dagli immobili siano essi edifici o manufatti che caratterizzano l'antropizzazione del territorio a seguito di processi storici di lunga durata.

Rientrano nell'assetto territoriale storico culturale regionale le seguenti categorie di Beni paesaggistici:

- a. gli immobili e le aree di notevole interesse pubblico tutelati ai sensi dell'art. 136 del D.Lgs. 22.1.04, n. 42 e successive modificazioni;
- b. le zone di interesse archeologico tutelate ai sensi dell'art. 142, comma 1, lett. m, del D.Lgs. 22.1.04, n. 42 e successive modificazioni;
- c. gli immobili e le aree tipizzati, individuati nella cartografia del P.P.R. di cui all'art. 5 e nell'Allegato 3, sottoposti a tutela dal Piano Paesaggistico, ai sensi dell'art. 143, comma 1, lett. i, del D.Lgs. 22.1.04, n. 42 e successive modificazioni e precisamente:
  - 1) 1 Aree caratterizzate da edifici e manufatti di valenza storico culturale, così come elencati nel successivo art. 48 comma 1, lett. a.;
  - 2) Aree caratterizzate da insediamenti storici, di cui al successivo art. 51.

L'elaborato TAV\_GEN\_16\_STO, del quale si riporta uno stralcio in figura 11, mostra il contesto Storico-Culturale delineato dal PPR dell'area interessata dall'impianto agri-fotovoltaico in progetto.

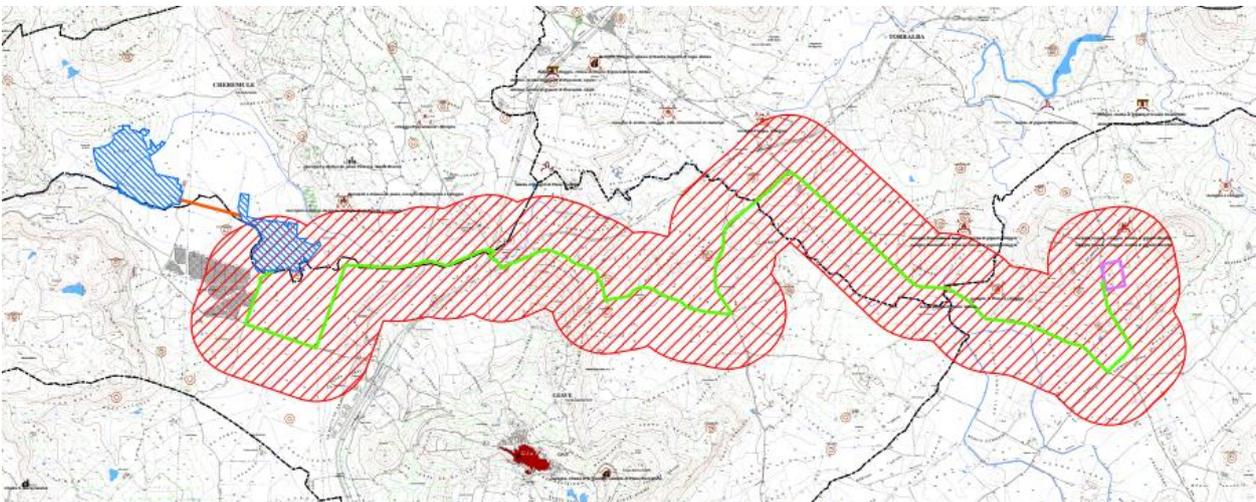


Figura 21.4 – Contesto storico-culturale PPR

Il tracciato del cavidotto interessa zone di interesse archeologico per le quali lo studio archeologico ha valutato il coefficiente di rischio lungo il tracciato (REL\_CON\_02\_ARCH).

Lo studio ha permesso di rilevare che il livello di rischio varia durante il percorso. Infatti, il coefficiente di rischio è basso per tutto il tratto stradale che congiunge i due impianti con il nuraghe Ponte dove il cavidotto transita principalmente su strade di penetrazione agraria e non viene interessato dalla presenza di siti archeologici.

Dal nuraghe Ponte sino alla SP 21, in località Sassu 'e Sorres, il rischio calcolato è di media entità. L'area è infatti ricca di evidenze archeologiche che sorgono spesso a ridosso delle strade interessate dai lavori. Si tratta del Nuraghe e villaggio di Figu, la tomba di Figu, il nuraghe Don Furadu e il sito di Sassu 'e Sorres.

Inoltre, seguendo il percorso evidenziato dai rinvenimenti dei miliari di epoca romana, si ipotizza che il tracciato della strada romana a Karalibus Turrem, possa essere intercettato in questa zona dal passaggio del cavidotto in progetto.

Proseguendo lungo il percorso attraverso la SP 21, il rischio calcolato è basso sino ad arrivare al ponte Valenti. Qui la presenza di una tomba di giganti, situata a breve distanza dalla strada, impone una cautela maggiore nell'esecuzione dei lavori e quindi una valutazione del rischio connesso di media entità.

Proseguendo lungo la SP 21, sino a giungere all'incrocio con la SP 83, il rischio calcolato è basso. Da questo punto, sino al termine del percorso del cavidotto, il rischio connesso all'opera è di media entità. Questo perché la presenza di diversi nuraghi e altri monumenti archeologici impongono maggior cautela durante l'esecuzione dei lavori.

L'analisi dell'areale vasto di indagine (MOPR) ha portato all'individuazione di numerose emergenze archeologiche (Figure 17 e 18).



Figura 17:

Beni presenti sul PPR e ricadenti all'interno dell'areale di indagine (MOPR). Il buffer impostato nella mappa ha un raggio di 100 metri.

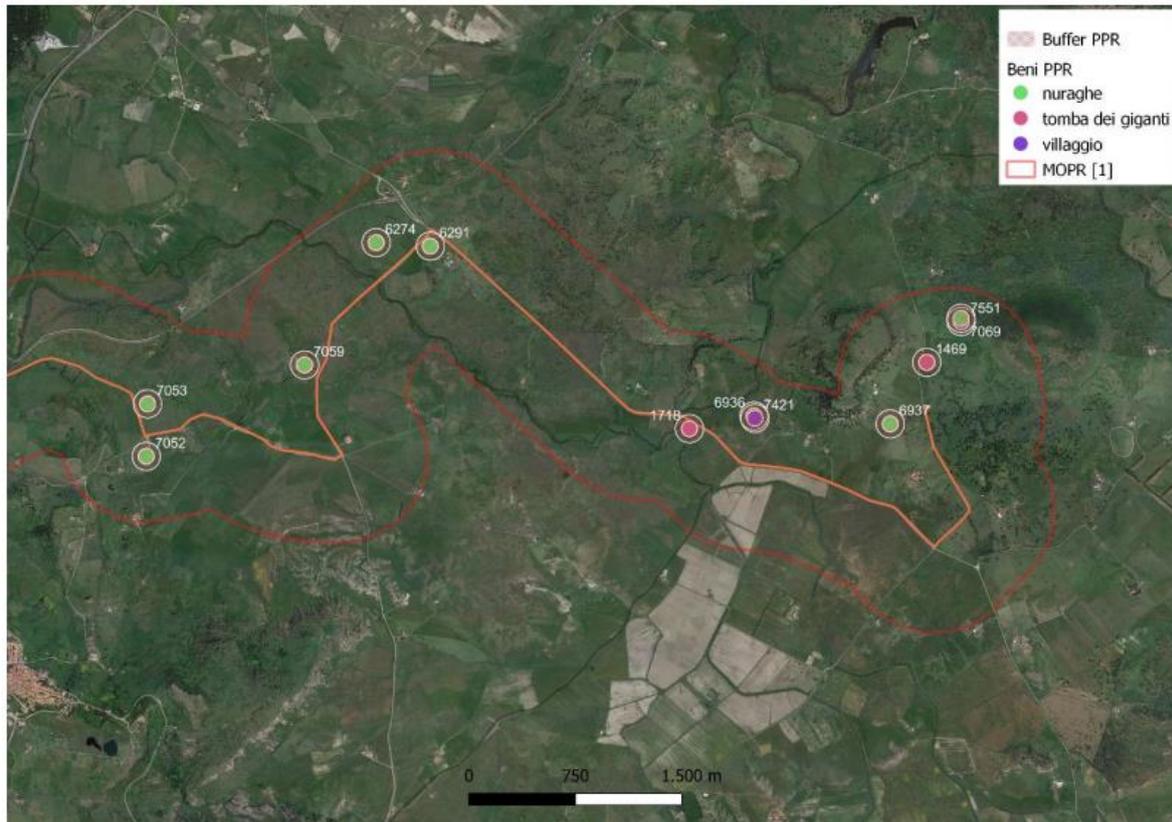


Figura 18: Beni presenti sul PPR e ricadenti all'interno dell'areale di indagine (MOPR). Il buffer impostato nella mappa ha un raggio di 100 metri.

All'interno della macroarea indagata (MOPR), sono presenti i seguenti vincoli ministeriali:

Comune	Località	Descrizione	Tipo vincolo	Data decreto
CHEREMULE	SUNSA	COMPLESSO NURAGICO	DIRETTO	24/05/1980
CHEREMULE	CUNZADU	NURAGHE	DIRETTO	11/11/1979
GIAVE	SANTU SISTU	NURAGHE	DIRETTO	22/01/1965
GIAVE	RIU ENA	NURAGHE	DIRETTO	22/10/1968
GIAVE	SAUCCOS	NURAGHE	DIRETTO	15/11/1979
GIAVE	PONTE	NURAGHE	DIRETTO	11/12/1968
GIAVE	CADEDDU	NURAGHE	DIRETTO	24/10/1968
GIAVE	FIGU IN LOC. CANNALZA	NURAGHE	DIRETTO	06/08/1982
GIAVE	FIGU O SA FIGU T	TOMBA DEI GIGANTI	DIRETTO	04/11/1982
GIAVE	OES	NURAGHE	DIRETTO	27/01/1910 21/10/1961 13/01/1978

### 21.5- ASSETTO INSEDIATIVO

L'art. 60 delle NTA del PPR definisce l'assetto insediativo come "l'insieme degli elementi risultanti dai processi di organizzazione del territorio funzionali all'insediamento degli uomini e delle attività".

L'assetto insediativo è costituito da:

- a. Edificato urbano;
- b. Edificato in zona agricola;
- c. Insediamenti turistici;
- d. Insediamenti produttivi;
- e. Aree speciali (servizi);
- f. Sistema delle infrastrutture.

L'analisi dell'assetto insediativo è riportata nella TAV\_GEN\_16\_INS del quale si riporta uno stralcio nella seguente figura.

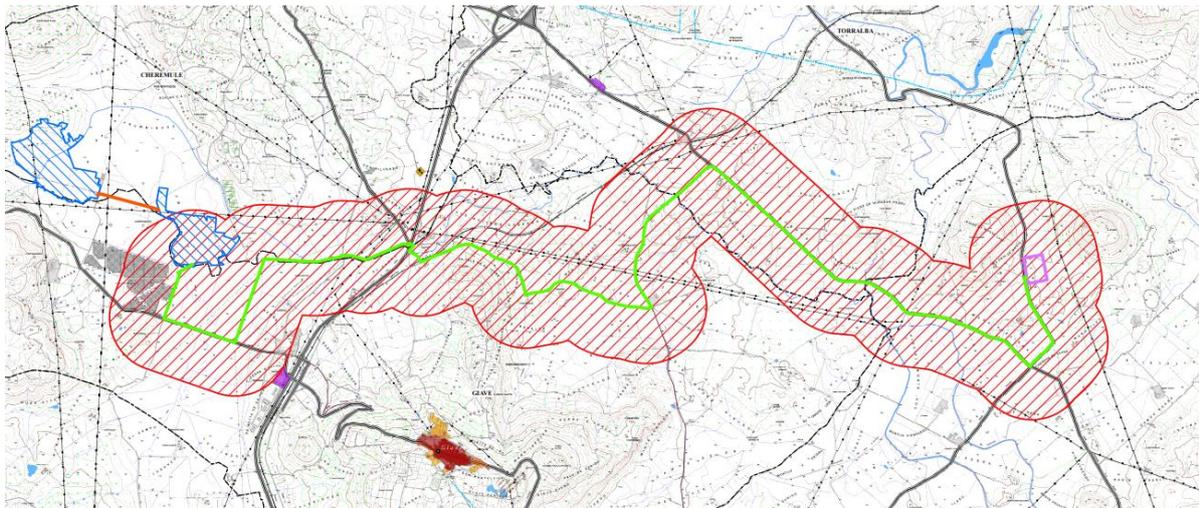


Figura 19 – Contesto insediativo PPR

Il tracciato del cavidotto non intercetta centri abitati. Nel suo percorso lungo gli assi stradali incontra insediamenti ascrivibili alla categoria edificato in aree agricole. Trattasi di strutture funzionali alle attività agricole e non residenziali.

Per quanto concerne le infrastrutture tutto il tracciato del cavidotto, come già scritto, si sviluppa lungo le strade esistenti, sia di penetrazione agraria, sia comunali che provinciali.

In particolare, dopo un primo tratto su una strada di penetrazione agraria, il tracciato prosegue lungo la SP 124 per poi immettersi in una strada secondaria per gran parte sull'argine del Flumini Mannu.

Nel suo percorso intercetta la SS 131 Carlo Felice che oltrepassa in un sottopassaggio. Poco oltre supera il ponte sulla ferrovia e continua il percorso lungo la strada che conduce alla SP 21 sulla quale si snoda fino ad incontrare e seguire la SP 83 lungo la quale, dopo poco oltre un 1 km, arriva fino al sito dove è prevista la Stazione Terna.

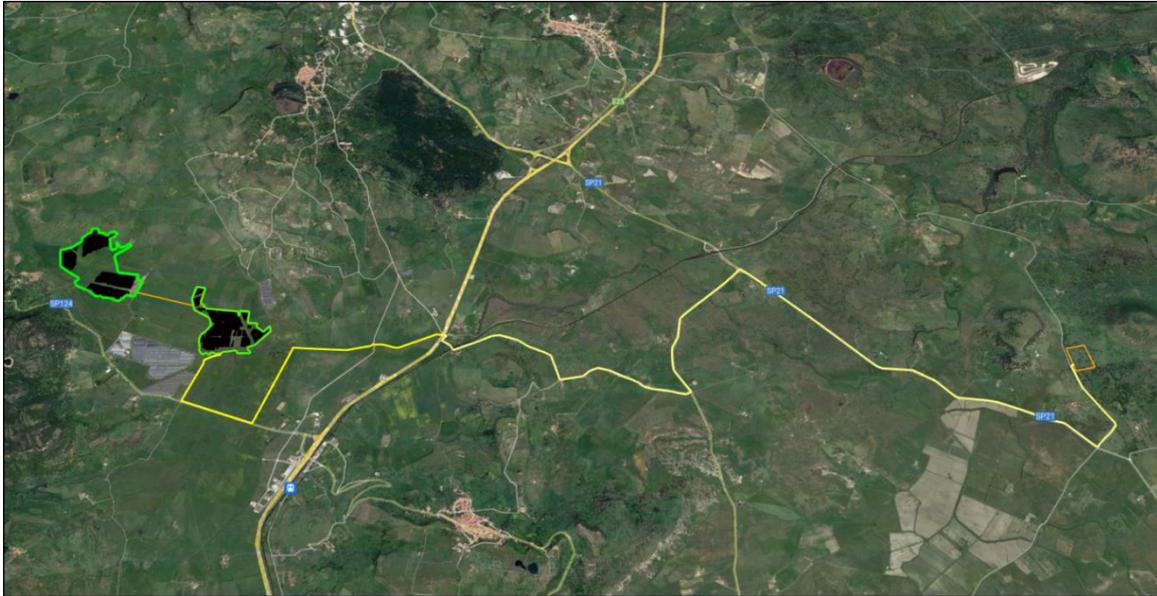


Figura 20 – Tracciato del cavidotto (in giallo)

### 21.6 - PIANO ASSETTO IDROGEOLOGICO (PAI)

Come si evince dallo stralcio dell’elaborato Tav\_CON\_04\_IDRA in figura 21 il tracciato del cavidotto non interessa aree a pericolosità idraulica.

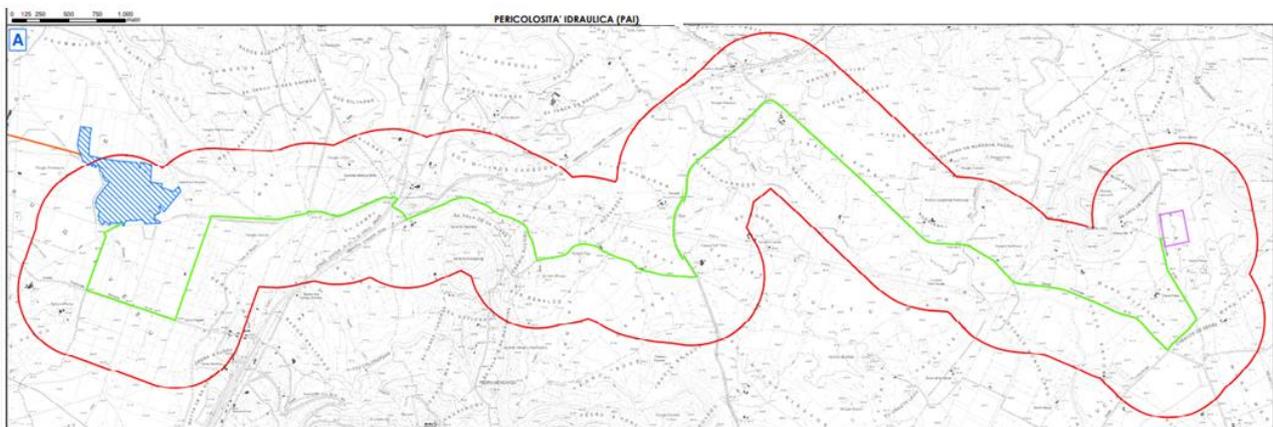


Figura 21 – Stralcio Carta della pericolosità idraulice e relativa legenda

**LEGENDA**

CODICE	DESCRIZIONE	SIMBOLIO
H1	Area di pericolosità moderata (Trit=500 anni)	[Yellow box]
H2	Area di pericolosità media (Trit=200 anni)	[Light blue box]
H3	Area di pericolosità elevata (Trit=100 anni)	[Medium blue box]
H4	Area di pericolosità molto elevata (Trit=50 anni)	[Dark blue box]

IL SITO NON RICADE IN AREE A PERICOLOSITA' IDRAULICA (PAI)

Per quanto concerne la pericolosità da frana tenuto conto del contesto geomorfologico pianeggiante, non sussiste alcuna pericolosità da frana come mostra lo stralcio dell'elaborato Tav\_CON\_03\_FRA in figura 21.9.

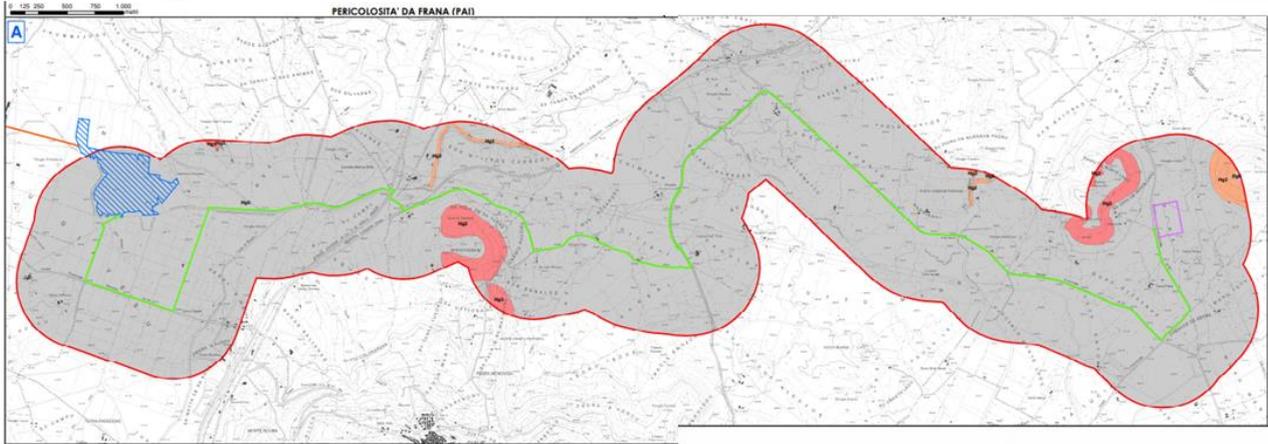


Figura 22 – Stralcio Carta della pericolosità idraulica PSFF

### 21.7 - ECOSISTEMA FAUNA FLORA-VEGETAZIONE

I risultati degli studi e monitoraggi nell'areale sul quale ricade impianto svolti non hanno rilevato la presenza di tutte quelle specie legate agli ambienti naturali e seminaturali.

Ciò è riconducibile al fatto che trattasi di un'areale antropizzato con scarsità di aree di rifugio per i selvatici e caratterizzato anche dalla mancanza di risorse trofiche non essendoci colture così dette "a perdere" destinate alla fauna selvatica.

Pertanto, l'impatto andrà ad incidere su un contesto faunistico di scarsa rilevanza per il disturbo di origine antropica durante le fasi di cantiere.

È altrettanto risaputo che, come rilevato in altre esperienze, nelle aree strettamente interessate dai lavori la fauna riprende la sua normale attività durante le pause degli stessi (la notte, sabato e domenica).

La copertura vegetale dell'area di studio si presenta profondamente trasformata e modificata dall'utilizzo antropico del territorio per scopi agrozootecnici a seguito della coltivazione agricola di tipo estensivo di specie erbacee annuali in rotazione elementare, quali erbai per la produzione di foraggi finalizzati all'alimentazione del bestiame allevato (ovini) e al pascolo brado.

Alcune superfici sono state dedicate all'impianto di un bosco di eucalitti e a un rimboschimento a ceduo di eucalitto oggetto di taglio recente.

Pertanto, le formazioni vegetali naturali risultano pressoché assenti e sostituite dai prati pascolo o dall'impianto di specie arboree alloctone.

## 21.8 - IMPATTI E MISURE DI MITIGAZIONE

### 21.8.1. Alterazione Ecosistema

Il cavidotto attraversa un'areale antropizzato con scarsità di aree di rifugio per i selvatici e caratterizzato anche dalla mancanza di risorse trofiche non essendoci colture così dette "a perdere" destinate alla fauna selvatica.

Pertanto, l'impatto andrà ad incidere su un contesto faunistico di scarsa rilevanza per il disturbo di origine antropica durante le fasi di cantiere.

I ricettori dell'impatto sono la fauna, la flora e la vegetazione. L'impatto è stato valutato irrilevante poiché l'area interessata dal progetto è totalmente coltivata ed è priva di flora e vegetazione, tant'è la sensibilità è stata valutata bassa.

Al fine di minimizzare questi effetti saranno intraprese le misure qui di seguito descritte.

- Durante i lavori di scavo lo strato di suolo agrario dovrà essere separato dal substrato inerte.
- La quota parte che non verrà utilizzata per il ricoprimento dei cavidotti sarà spalmata nell'area del cantiere di servizio e lungo il perimetro dell'impianto.
- Evitare le attività di cantiere da aprile a giugno.

È altrettanto risaputo che, come rilevato in altre esperienze, nelle aree strettamente interessate dai lavori la fauna riprende la sua normale attività durante le pause degli stessi (la notte, sabato e domenica).

### 21.8.2. – Accumulo terre da scavo

L'impatto potenziale è riconducibile all'abbandono in situ e/o alla erronea gestione delle terre provenienti dagli scavi. Fermo restando che i materiali saranno gestiti in conformità alla normativa vigente, al fine di prevenire il potenziale impatto saranno attivate le seguenti misure di mitigazione:

- predisposizione di un'area adibita a deposito temporaneo con una parte adibita al topsoil e un'altra dedicata al subsoil ed eventuale materiale roccioso;
- durante le operazioni di scavo si provvederà alla rimozione e separazione del topsoil, subsoil ed eventuale materiale roccioso;
- su eventuali volumi di terre in esubero si provvederà a valutare, in accordo con le autorità competenti, la qualità e la possibilità di una utilizzazione in altre aree o una definitiva decisione di avvio a discarica;
- le terre in esubero provenienti dagli scavi verranno in parte riutilizzate per i rinterrati e in parte sarà conferita in discarica.

Nella seguente tabella si riporta il bilancio dei volumi di terra la cui gestione è trattata nella relazione specifica REL\_SP\_GEST-SCAV.

CAVIDOTTI LINEA AT RTN	
Lunghezza linea	15.000,00 m
Volumi scavi	14.284,80 mc
Volume sabbia + cavi	2.678,40 mc
Volume rinterrati	11.606,40 mc
Esubero	2.678,40 mc

### 21.8.3. - Inquinamento acustico

L'impatto limitato nello spazio e nel tempo è generato dalle macchine operatrici e dalle attrezzature utilizzate, mentre i ricettori sono fauna, gli addetti ai lavori. Non sono presenti abitazioni con popolazione abitualmente residente. Innanzitutto, le macchine in uso dovranno rispettare la normativa vigente in materia di emissioni acustiche ambientali delle macchine attrezzature operanti all'aperto, per mitigare gli effetti indotti dalle emissioni sonore si prevedono le seguenti azioni:

- utilizzazione di mezzi omologati e conformi alle normative vigenti;
- rispettare gli orari imposti dai regolamenti comunali e dalle normative vigenti per lo svolgimento delle attività rumorose;
- movimentazione di mezzi con basse velocità;
- ridurre i tempi di esecuzione delle attività rumorose utilizzando eventualmente più attrezzature e più personale per periodi brevi;
- prediligere attrezzature più silenziose e insonorizzate rispetto a quelle che producono livelli sonori molto elevati (ad es. apparecchiature dotate di silenziatori);
- utilizzare tutti i DPI e le misure di prevenzione necessarie per i lavoratori in cantiere al fine di salvaguardare la salute;
- spegnimento dei mezzi allorquando non sono utilizzati;
- ottimizzazione del numero dei mezzi di cantiere;
- svolgimento delle attività di cantiere dalle ore 7.00 alle ore 20.00;
- svolgimento delle attività di cantiere più rumorose (es. battipalo, betoniere, seghe circolari ecc) nei seguenti orari 8-13 e 15-19.
- predisporre un'accurata e periodica manutenzione dei mezzi e delle attrezzature (eliminare gli attriti attraverso periodiche operazioni di lubrificazione, sostituire i pezzi usurati e che lasciano giochi, serrare le giunzioni, porre attenzione alla bilanciatura delle parti rotanti delle apparecchiature per evitare vibrazioni eccessive, verificare la tenuta dei pannelli di chiusura dei motori). 4.6.6 - Emissioni gas dai mezzi meccanici

### 21.8.4. - Inquinamento da polvere

L'impatto sarà generato dalle attività di cantiere, soprattutto dei mezzi meccanici utilizzati per la realizzazione del cavidotto progetto. In realtà trattasi di una incidenza i cui effetti potrebbero persistere permanentemente

I ricettori di questo impatto limitato nello spazio e nel tempo sono la vegetazione, la flora e gli addetti ai lavori. Per mitigare gli effetti indotti dalle emissioni sonore si prevedono le seguenti azioni:

- Inumidimento dei percorsi e delle aree di manovra degli automezzi e delle macchine operatrici.
- Realizzazione di dossi nelle strade al fine di limitare la velocità. Fermata dei lavori in condizioni anemologiche critiche.
- Copertura del carico nei veicoli utilizzati per la movimentazione di inerti durante la fase di trasporto

#### **21.8.5. - Emissioni gas dai mezzi meccanici**

Tra gli impatti temporanei bisogna considerare quelli connessi alla fase di realizzazione delle opere dovuti alle emissioni dei gas di scarico delle macchine operatrici ed al traffico dei mezzi di trasporto. Trattasi comunque di impatti di lieve entità tenuto conto della dimensione delle opere.

I ricettori dell'impatto sono l'atmosfera ed il personale addetto ai lavori.

Per minimizzare e gli effetti indotti dalle emissioni del gas di scarico dai mezzi meccanici si raccomanda la Verifica periodica dell'efficienza dei motori e dei sistemi dei gas di scarico

#### **21.8.6. - Distruzione emergenze archeologiche**

Lo studio di "*verifica preventiva dell'interesse archeologico*" ha rilevato un rischio ,medio in alcuni tratti del tracciato.

Al fine di prevenire il rischio di una casuale distruzione di emergenze durante l'attività di installazione del cantiere e di realizzazione dell'impianto si procederà alla sorveglianza archeologica.

## **22. VALUTAZIONE DEGLI IMPATTI**

### **22.1. PREMESSA**

Il percorso del cavidotto si sviluppa ai bordi di strade e pertanto insiste su un tracciato fortemente alterato dall'attività antropica. Giova richiamare che la realizzazione del cavidotto genera impatti temporanei e reversibili.

Ai fini di valutare gli impatti potenzialmente generati dalla realizzazione di cavidotto sul contesto di area vasta, si è proceduto ad analizzare la presenza di vincoli e prescrizioni con particolare riferimento a:

- Piano Paesaggistico Regionale (PPR)
- Piano di Assetto Idrogeologico (PAI)
- Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (PGRA)

- Piano stralcio delle Fasce Fluviali (PSFF)

Oltre a questi piani, la valutazione ha analizzato il contesto dai seguenti punti di vista:

- fauna, flora;
- valenze archeologiche, storiche, culturali.

Gli impatti temporaneamente e potenzialmente indotti dalle attività connesse all'intervento e i relativi ricettori sono riportati nella seguente tabella (potenziali impatti e ricettori):

<i>IMPATTI</i>	<i>RICETTORI</i>
<b>Alterazione ecosistema</b>	Fauna, flora, vegetazione
<b>Accumulo terre da scavo</b>	Suolo
<b>Inquinamento acustico</b>	Fauna, addetti ai lavori
<b>Inquinamento da polvere</b>	Vegetazione e flora
<b>Emissioni gas dai mezzi meccanici</b>	Atmosfera
<b>Distruzione emergenze archeologiche</b>	Beni archeologici

Tutti i dettagli sulle valutazioni sono dettagliatamente descritti nelle relative relazioni specialistiche allegate al presente progetto.

## 23. TAVOLE ALLEGATE

- I) TAV\_EL\_05-CAB (Cabina di Raccolta Generale: partenza della linea di connessione ad RTN);
- II) TAV\_TC\_04-INTERF (Tavola delle Interferenze);
- III) TAV\_LIN\_05-UNIF (Schemi unifilari della linea di connessione alla RTN);
- IV) TAV\_LIN\_06-PART (Particolari Linea connessione ad RTN: Tracciato e Particolari);

Cagliari, 10 Dicembre 2023