

REGIONE SICILIANA

Provincia di Agrigento
Comune di FAVARA

PROGETTO:

IMPIANTO AGRI-VOLTAICO "FAVARA 2"

PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO DI POTENZA PARI A
63,07 MWp nel comune di FAVARA (AG)
denominato "FAVARA 2"



PROGETTO DEFINITIVO

COMMITTENTE



11PIU' ENERGIA SRL

Via Aldo Moro, 28 - 25043 Breno (BS)

P.I. 04309300988 - PEC: 11piuenergia@pec.it

PROGETTAZIONE



PROTECNA s.r.l.

via XX Settembre, 25

00062 Bracciano (RM)

PEC: protecnasrl@pec.it

I Tecnici

Dott. Ing. Paolo Lo Biundo

Dott. Ing. Francesco Mollame

ELABORATO

Relazione sui campi elettromagnetici

CODICE	SCALA	FORMATO	CODIFICA INTERNA
R.11	1:--	A4	R.11_11PN2022PDRrti011R1

REV.	DATA	DESCRIZIONE REVISIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
00	31/07/2024	INTEGRAZIONE REGIONE PAR 385_2023	SI	FM	AL

1 Sommario

1	Sommario	1
2	Premessa	2
3	Riferimenti Normativi.....	3
4	Riferimenti Normativi.....	4
5	Descrizione generale dell'impianto	8
6	Valutazione dei campi elettromagnetici.....	12
6.1	Moduli fotovoltaici.....	12
6.2	Inverter	13
6.3	Cabine elettriche MT/BT e DPA.....	16
6.4	Linee elettriche di media tensione e DPA	20
6.5	Calcolo DPA Buche Giunti	30
7	Caratteristica dei principali materiali.....	32
7.1	Cavi MT	32
7.2	Giunti cavi MT	32
7.3	Terminali cavi MT	35
7.4	Cavi AT	35
7.5	Cavi Fibra Ottica	36
7.6	Mini tubi in polietilene ad alta densità per posa cavi fibra ottica	36
7.7	Tubazione in pvc flessibile.....	37
7.8	Corda di rame	37
8	PERCORSO DEL CAVIDOTTO.....	37
9	MODALITA' E TIPOLOGIA DI SCAVI.....	38
9.1	Trincee a cielo aperto	38
9.2	Scavo su terreno vegetale.....	38
9.3	Scavo su strade non asfaltate.....	38
9.4	Scavo su strade asfaltate.....	39
9.5	Nastro segnalatore	39
9.6	Trivellazione orizzontale controllata (TOC)	39
10	RIPRISTINI	40
10.1	Ripristini su terreno vegetale	40
10.2	Ripristini su strade non asfaltate.....	40
10.3	Ripristini su strade asfaltate.....	40
11	INTERFERENZE ED ATTRAVERSAMENTI LINEE TLC INTERRATE	41
12	Conclusioni	42

2 Premessa

La presente relazione tecnica è stata redatta al fine di valutare l'impatto elettromagnetico generato dalle Infrastrutture Elettriche di Utenza necessarie per la connessione alla Rete Elettrica di Distribuzione di media tensione, nell'ambito della progettazione definitiva dell'impianto fotovoltaico che la Società 11 PIU' ENERGIA SRL intende realizzare in contrada Scintilia, nei territori di Favara in provincia di Agrigento.

Lo studio dell'impatto elettromagnetico si rende necessario al fine di una valutazione del campo elettrico e del campo magnetico nei riguardi della popolazione.

Poiché le linee elettriche di trasporto e distribuzione dell'energia elettrica, in Europa, vengono elettrificate in corrente alternata a 50 Hz, i campi elettrici e magnetici generati durante l'esercizio rientrano nella banda ELF (30 – 300 Hz, bassa frequenza) e quindi regolati dal D.P.C.M. 8 luglio 2008 per la determinazione delle fasce di rispetto.

In particolare, ai fini della protezione della popolazione dall'esposizione umana ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete generati da linee e cabine elettriche, il D.P.C.M. sopra citato fissa, in conformità alla Legge 36/2001:

- I **limiti di esposizione** del campo elettrico (5 kv/m) e del campo magnetico (100 μ T) per la protezione da possibili effetti a breve termine;
- Il **valore di attenzione** (10 μ T) e l'obiettivo di qualità (3 μ T) del campo magnetico, da intendersi come mediana nelle 24 ore in normali condizioni di esercizio, per la protezione da possibili effetti a lungo termine connessi all'esposizione nelle aree di gioco per l'infanzia, in ambienti abitativi, in ambienti scolastici e nei luoghi adibiti a permanenza non inferiore a 4 ore giornaliere.

Il valore di attenzione si riferisce ai luoghi tutelati esistenti nei pressi di elettrodotti esistenti; l'obiettivo di qualità si riferisce, invece, alla progettazione di nuovi elettrodotti in prossimità di luoghi tutelati esistenti o alla progettazione di nuovi luoghi tutelati nei pressi di elettrodotti esistenti. Il D.P.C.M. 8 luglio 2003, in attuazione della Legge 36/01 (articolo 4 comma 1 lettera h), introduce la metodologia di calcolo delle fasce di rispetto, definita nell'allegato al Decreto 29 maggio 2008. Detta fascia, comprende tutti i punti nei quali, in normali condizioni di esercizio, il valore di induzione magnetica può essere maggiore o uguale all'obiettivo di qualità.

Al fine di agevolare/semplificare l'iter autorizzativo relativo alla costruzione ed esercizio di linee e cabine elettriche, la metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto, prevede una procedura semplificata di valutazione, con l'introduzione della Distanza di Prima Approssimazione (DPA), la quale permette, nella maggior parte delle situazioni, una valutazione esaustiva dall'esposizione ai campi magnetici.

Nella presente relazione tecnica, applicando la procedura semplificata, vengono calcolate le fasce di rispetto e le DPA delle cabine e linee elettriche oggetto di progettazione, ai fini della valutazione dell'esposizione umana ai campi elettrici e magnetici.

3 Riferimenti Normativi

I principali riferimenti normativi da presi in considerazione per la progettazione, la costruzione e l'esercizio dell'intervento oggetto del presente documento, sono di seguito elencati:

- Norma CEI 106-11 (Guida per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti secondo le disposizioni del D.P.C.M. 8 luglio 2003 (art.6));
- D.P.C.M. del 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”;
- Legge n.36 del 22 febbraio 2001;
- Decreto Interministeriale del 21 marzo 1988 n.449;
- Guida e-Distribuzione Distanza di prima approssimazione da linee e cabine elettriche;
- Norma CEI 211-4 “Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee elettriche”;
- DM 29.05.2008 “Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti”.

La Legge Quadro ha demandato la definizione dei limiti di esposizione per la popolazione al decreto attuativo 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”.

Tabella 1: Limiti di esposizione – DPCM 8 luglio 2003		
	Intensità di campo elettrico E (kV/m)	Induzione Magnetica B (μ T)
Limite di esposizione * (da non superare mai)	5 ***	100
Valore di attenzione ** (da non superare in ambienti abitativi e comunque nei luoghi adibiti a permanenze non inferiori a 4 ore)	-	10
Obiettivo di qualità ** (da non superare per i nuovi elettrodotti o le nuove abitazioni in prossimità di elettrodotti esistenti)	-	3
Note: * Valori efficaci ** Mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio *** Il campo elettrico al suolo in prossimità di elettrodotti a tensione uguale o inferiore a 150 kV, come da misure e valutazioni, non supera mai il limite di esposizione per la popolazione di 5 kV/m.		

Come indicato dalla Legge 36/2001, il limite di esposizione non deve essere superato in alcuna condizione di esposizione, mentre il valore di attenzione e l'obiettivo di qualità si intendono riferiti alla mediana giornaliera dei valori in condizioni di normale esercizio.

Inoltre, il valore di attenzione si riferisce ai luoghi tutelati esistenti nei pressi di elettrodotti esistenti; l'obiettivo di qualità si riferisce, invece, alla progettazione di nuovi elettrodotti in prossimità di luoghi tutelati esistenti o alla progettazione di nuovi luoghi tutelati nei pressi di elettrodotti esistenti.

Il DPCM 8 luglio 2003, all'art. 6, in attuazione della Legge 36/2001 (art. 4 c. 1 lettera h), introduce la metodologia di calcolo delle fasce di rispetto, definita nell'allegato al Decreto 29 maggio 2008 "Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti".

Detta fascia comprende tutti i punti nei quali, in normali condizioni di esercizio, il valore di induzione magnetica può essere maggiore o uguale all'obiettivo di qualità.

La suddetta metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti prevede una procedura semplificata di valutazione con l'introduzione della Distanza di Prima Approssimazione (DPA): per le linee è la distanza, in pianta sul livello del suolo, dalla proiezione del centro linea che garantisce che ogni punto la cui proiezione al suolo disti dalla proiezione del centro linea più di DPA si trovi all'esterno delle fasce di rispetto. Per le cabine è la distanza, in pianta sul livello del suolo, da tutte le pareti della cabina stessa che garantisce i requisiti di cui sopra.

Detta DPA, nel rispetto dell'obiettivo di qualità di 3 μ T del campo magnetico (art. 4 del DPCM 8 luglio 2003), si applica nel caso di:

- realizzazione di nuovi elettrodotti (inclusi potenziamenti) in prossimità di luoghi tutelati;
- progettazione di nuovi luoghi tutelati in prossimità di elettrodotti esistenti.

4 Riferimenti Normativi

Campo magnetico

Il campo magnetico può essere definito come una perturbazione di una certa regione spaziale determinata dalla presenza nell'intorno di una distribuzione di corrente elettrica o di massa magnetica. Tale perturbazione si può verificare constatando che ponendo in tale regione spaziale un corpo magnetizzato, questo risulta soggetto ad una forza. L'unità di misura del campo magnetico è l'A/m. L'induzione magnetica è una grandezza vettoriale (B) che determina una forza agente sulle cariche in movimento ed è espressa in tesla (T). Nello spazio libero e nei materiali biologici l'induzione magnetica e l'intensità del campo magnetico si ricavano in base all'equazione: $1\text{A/m} = 4\pi \cdot 10^{-7}\text{ T}$.

Campo elettrico

Il campo elettrico può essere definito come una perturbazione di una certa regione spaziale determinata dalla presenza nell'intorno di una distribuzione di carica elettrica. Tale perturbazione si può verificare constatando che ponendo in tale regione spaziale una carica elettrica, questa risulta soggetta ad una forza. L'unità di misura del campo elettrico è il V/m.

Campo elettromagnetico

Un campo elettrico variabile nel tempo genera, in direzione perpendicolare a se stesso, un campo magnetico pure variabile che, a sua volta, influisce sul campo elettrico stesso. Questi campi concatenati determinano nello spazio la propagazione di un campo elettromagnetico. E' importante la distinzione tra campo vicino e campo lontano. La differenza consiste essenzialmente nel fatto che in prossimità della sorgente irradiante, cioè in condizioni di campo vicino, il campo elettrico ed il campo magnetico assumono rapporti variabili con la distanza, mentre ad una certa distanza, cioè in campo lontano, il rapporto tra campo elettrico e campo magnetico rimane costante.

ELF è la terminologia anglosassone per definire i campi elettromagnetici a frequenze estremamente basse, comprese tra 30 Hz e 300 Hz.

L'esposizione a campi ELF dovuta ad una determinata sorgente è valutabile misurando separatamente l'entità del campo elettrico e del campo magnetico. Questo perché alle frequenze estremamente basse, le caratteristiche fisiche dei campi sono più simili a quelle dei campi statici, piuttosto che a quelle dei campi elettromagnetici veri e propri. I campi ELF sono quindi caratterizzati da due entità distinte: il campo elettrico, generato dalla presenza di cariche elettriche o tensioni, ed il campo magnetico, generato

invece dalle correnti elettriche.

Intensità di corrente (J).

È definita come il flusso di corrente attraverso una sezione unitaria perpendicolare alla sua direzione in un volume conduttore quale il corpo umano o una sua parte. È espressa in ampere per metro quadro (A/m²).

Intensità di campo elettrico

È una grandezza vettoriale (E) che corrisponde alla forza esercitata su una particella carica indipendentemente dal suo movimento nello spazio. È espressa in Volt per metro (V/m).

Intensità di campo magnetico

È una grandezza vettoriale (H) che, assieme all'induzione magnetica, specifica un campo magnetico in qualunque punto dello spazio. È espressa in Ampere per metro (A/m).

Induzione magnetica

È una grandezza vettoriale (B) che determina una forza agente sulle cariche in movimento. È espressa in Tesla (T). Nello spazio libero e nei materiali biologici l'induzione magnetica e l'intensità del campo magnetico sono legate dall'equazione $1 \text{ A m}^{-1} = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ T}$.

Densità di potenza (S).

Questa grandezza si impiega nel caso delle frequenze molto alte, per le quali la profondità di penetrazione nel corpo è modesta. Si tratta della potenza radiante incidente perpendicolarmente a una superficie, divisa per l'area della superficie in questione ed è espressa in watt per metro quadro (W/m²).

Assorbimento specifico di energia (SA).

Si definisce mediante l'energia assorbita per unità di massa di tessuto biologico e si esprime in joule per chilogrammo (J/kg). Nella presente raccomandazione il termine si impiega per limitare gli effetti non termici derivanti da esposizioni a microonde pulsate.

Tasso di assorbimento specifico di energia (SAR).

Si tratta del valore mediato su tutto il corpo o su alcune parti di esso, del tasso di assorbimento di energia per unità di massa del tessuto corporeo ed è espresso in watt per chilogrammo (W/kg). Il SAR riferito a tutto il corpo è una misura ampiamente accettata per porre in rapporto gli effetti termici nocivi all'esposizione a RF. Oltre al valore del SAR mediato su tutto il corpo, sono necessari anche valori locali del SAR per valutare e limitare la deposizione eccessiva di energia in parti piccole del corpo conseguenti a speciali condizioni di esposizione, quali ad esempio il caso di un individuo in contatto con la terra, esposto a RF nella gamma inferiore di MHz e di individui esposti nel campo vicino di un'antenna.

Linea

Le linee corrispondono ai collegamenti con conduttori elettrici aerei o in cavo, delimitati da organi di manovra, che permettono di unire due o più impianti allo stesso livello di tensione. Le linee a tre o a più estremi sono sempre definite come più tronchi di linea a due stremi. Gli organi di manovra connettono tra loro componenti delle reti (es. interruttori, sezionatori, ecc.) e permettono di interrompere il passaggio di corrente.

Elettrodotto

È l'insieme delle linee elettriche, delle sottostazioni e delle cabine di trasformazione;

Tronco

I tronchi di linea corrispondono ai collegamenti metallici che permettono di unire fra loro due impianti

gestiti allo stesso livello di tensione (compresi gli allacciamenti). Si definisce tronco fittizio il tronco che unisce due impianti adiacenti.

Tratta

La tratta è una porzione di tronco di linea, composto da una sequenza di campate contigue, avente caratteristiche omogenee di tipo elettrico, di tipo meccanico (es. tipologia del conduttore, configurazione spaziale dei conduttori sui tralicci, tratta singola, doppia, ammazzettata, ecc.) e relative alla proprietà e appartenenza alla RTN (Rete di Trasmissione Nazionale). Ad ogni variazione delle caratteristiche si individua una nuova tratta.

Campata

La campata è l'elemento minimo di una linea elettrica; è sottesa tra due sostegni o tra un sostegno e un portale (ultimo sostegno già all'interno dell'impianto).

Sostegni

Il sostegno è l'elemento di supporto meccanico della linea aerea in conduttori nudi o in cavo. I sostegni, i sostegni porta terminali ed i portali possono essere costituiti da pali o tralicci.

Impianto

Nell'ambito di una rete elettrica l'impianto corrisponde ad un'officina elettrica destinata, simultaneamente o separatamente, alla produzione, allo smistamento, alla regolazione e alla modifica (trasformazione e/o conversione) dell'energia elettrica transitante in modo da renderla adatta a soddisfare le richieste della successiva fase di destinazione. Gli impianti possono essere: Centrali di produzione, Stazioni elettriche, Cabine di trasformazione primarie e secondarie, Cabine Utente AT. Inoltre rientrano in questa categoria anche quelle stazioni talvolta chiamate di Allacciamento.

Corrente

Valore efficace dell'intensità di corrente elettrica.

Portata in corrente in servizio normale

È la corrente che può essere sopportata da un conduttore per il 100% del tempo con limiti accettabili del rischio di scarica sugli oggetti mobili e sulle opere attraversate e dell'invecchiamento. Essa è definita nella norma CEI 11-60 par. 2.6 e sue successive modifiche e integrazioni.

Portata in regime permanente

Massimo valore della corrente che, in regime permanente e in condizioni specificate, il conduttore può trasmettere senza che la sua temperatura superi un valore specificato (secondo CEI 11-17 par. 1.2.05).

Fascia di rispetto

È lo spazio circostante un elettrodotto, che comprende tutti i punti, al di sopra e al di sotto del livello del suolo, caratterizzati da un'induzione magnetica di intensità maggiore o uguale all'obiettivo di qualità. Come prescritto dall'articolo 4, comma 1 lettera h della Legge Quadro n. 36 del 22 febbraio 2001, all'interno delle fasce di rispetto non è consentita alcuna destinazione di edifici ad uso residenziale, scolastico, sanitario ovvero ad uso che comporti una permanenza non inferiore a quattro ore.

Distanza di prima approssimazione (Dpa)

Per le linee è la distanza, in pianta sul livello del suolo, dalla proiezione del centro linea che garantisce che ogni punto la cui proiezione al suolo disti dalla proiezione del centro linea più di Dpa si trovi all'esterno delle fasce di rispetto. Per le cabine è la distanza, in pianta sul livello del suolo, da tutte le pareti della cabina stessa che garantisce i requisiti di cui sopra.

Esposizione

È la condizione di una persona soggetta a campi elettrici, magnetici, elettromagnetici, o a correnti di contatto, di origine artificiale;

Limite di esposizione

È il valore di campo elettrico, magnetico ed elettromagnetico, considerato come valore di immissione, definito ai fini della tutela della salute da effetti acuti, che non deve essere superato in alcuna condizione di esposizione della popolazione. I valori limite di esposizione per la popolazione sono invece richiamati dalla Legge Quadro, e sono stati indicati con apposito decreto D.P.C.M. 08.07.2003, che prevede il rispetto dei seguenti valori: nel caso di esposizione a campi elettrici e magnetici alla frequenza di 50 Hz generati da elettrodotti, non deve essere superato il limite di esposizione di 100 μ T per l'induzione magnetica e 5 kV/m per il campo elettrico, intesi come valori efficaci.

Valore di attenzione

È il valore di campo elettrico, magnetico ed elettromagnetico, considerato come valore di immissione, che non deve essere, superato negli ambienti abitativi, scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze prolungate. Esso costituisce misura di cautela ai fini della protezione da possibili effetti a lungo termine e deve essere raggiunto nei tempi e nei modi previsti dalla legge;

Obiettivi di qualità

Sono i criteri localizzativi, gli standard urbanistici, le prescrizioni e le incentivazioni per l'utilizzo delle migliori tecnologie disponibili, indicati dalle leggi regionali secondo le competenze definite dall'articolo 8 della L. 36/2001; sono anche i valori di campo elettrico, magnetico ed elettromagnetico, definiti dallo Stato secondo le previsioni di cui all'articolo 4, comma 1, lettera a) della medesima legge, ai fini della progressiva minimizzazione dell'esposizione ai campi medesimi;

Limiti di base

Le limitazioni all'esposizione ai campi elettrici magnetici ed elettro-magnetici variabili nel tempo, che si fondano direttamente su effetti accertati sulla salute e su considerazioni di ordine biologico, sono denominate «limiti di base». In base alla frequenza del campo, le quantità fisiche impiegate per specificare tali limitazioni sono: la densità di flusso magnetico (B), la densità di corrente (J), il tasso di assorbimento specifico di energia (SAR), e la densità di potenza (S). La densità di flusso magnetico e la densità di potenza negli individui esposti possono essere misurate rapidamente.

Livelli di riferimento.

Questi livelli sono indicati a fini pratici di valutazione dell'esposizione in modo da determinare se siano probabili eventuali superamenti dei limiti di base. Alcuni livelli di riferimento sono derivati dai limiti di base fondamentali attraverso misurazioni e/o tecniche informatiche e alcuni livelli di riferimento si riferiscono alla percezione e agli effetti nocivi indiretti dell'esposizione ai campi elettromagnetici. Le quantità derivate sono: l'intensità di campo elettrico (E), l'intensità di campo magnetico (H), la densità del flusso magnetico (B), la densità di potenza (S) e la corrente su un arto (IL). Le grandezze che si riferiscono alla percezione e agli altri effetti indiretti sono la corrente (di contatto) (I_c) e, per i campi pulsati, l'assorbimento specifico di energia (SA). In qualunque situazione particolare di esposizione, i valori misurati o calcolati di una delle quantità sopra citate possono essere raffrontati al livello di riferimento appropriato. L'osservanza del livello di riferimento garantirà il rispetto delle restrizioni fondamentali corrispondenti. Se il valore misurato supera il livello di riferimento, non ne consegue necessariamente che sia superata la restrizione fondamentale. In tali circostanze, tuttavia, vi è la necessità di definire se il limite di base sia o meno rispettato.

5 Descrizione generale dell'impianto

L'area per l'installazione dell'impianto fotovoltaico, denominato "FAVARA 2", si trova nei territori comunali di Favara (AG).

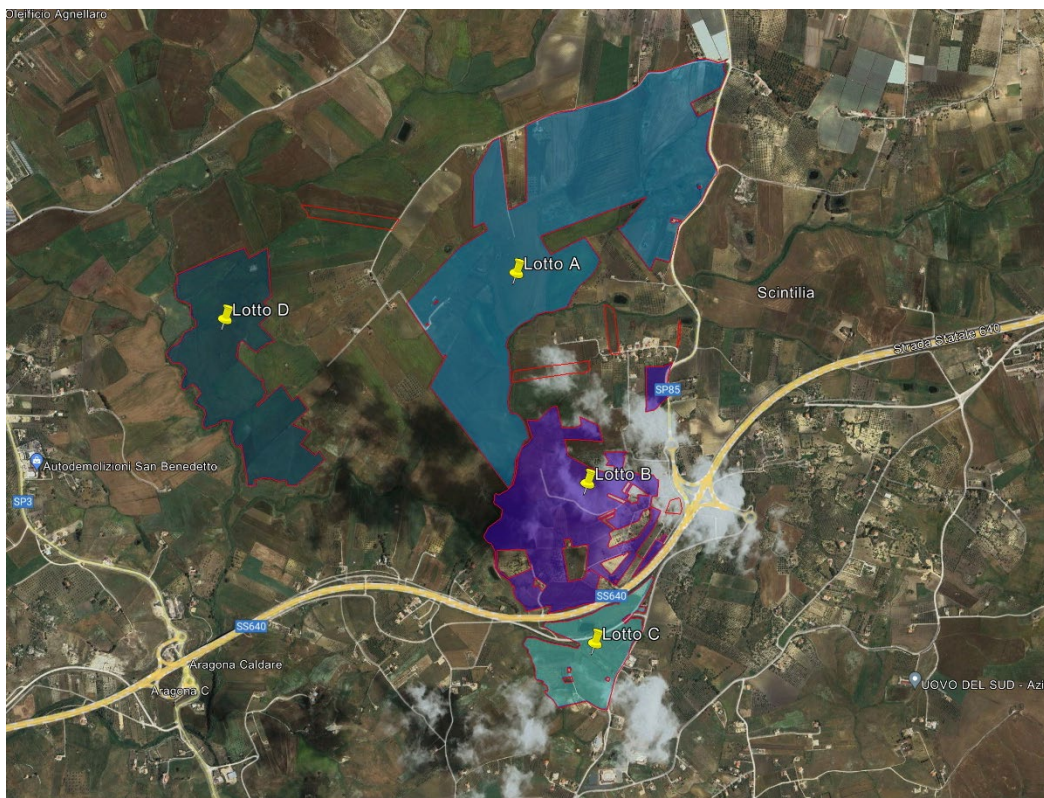
Dal punto di vista cartografico, l'area oggetto dell'indagine, si colloca sulla CTR alla scala **1:10.000**, nella Sezione **636040 e 637010**.

Il sito è identificato al catasto terreni del comune di Favara, sul foglio di mappa n. 8 particelle 282, 120, 119, 327, 582, 581, 121, 440, 437, 75, 112, 439, 265, 162, 74, 18, 17, 19, 21, 23, 47, 63, 65, 69, 70, 92, 169, 126, 226, 45, 229, 163, 187, 188, 269, 384, 385, 391, 390, 436, 435, 438, 158, 136, 90, 284, 389, 586, 503, 184, 299, 280, 305, 306, 22, 51, 338, 567, 579, 580, 578, 137, 138, 109, 452, 160, 274, 275, 276, 277, 454, 456, 451, 455, 453, 261, 544, 542, 540, 541, 543, 545, 534, 535, 253, 273, 394, 502, 501, 395, 307, 432, 430, 431, 429, 433, 434, 532, 533, 530, 531, 529, 528, 199, 198, 179, 197, 196, 11, 177, 178, 127, 76, 128, 526, 527, 497, 283, 140, 329, 290, 289, 288, 287, 108, 228, 49, 192, 193, 194, 123, 161, 421, 420, 419, 139, 20, 24, 186, 48, 64, 361, 227, 156, 239, 157, 348 e catasto terreni del comune di Agrigento foglio di mappa n. 15 particelle 215, 70, 36, 37, 56, 103, 106, 230, 232, 311, 302, 311, 94, 123, 172, 328, 257, 104, 319, 167, 442, 3, 48, 237, 240, 306, 307, 313, 78, 120, 148, 198, 216, 229, 239, 541, 590, 517, 112, 345, 127, 143, 156, 490, 491, 38, 34, 573, 55, 575, 581, 583, 578, 580, 585, 24, 54, 530, 533, 39, 19, 16, 18, 407, 410, 414, 416, 88, 413, 415, 419, 11, 12, 14, 15, 439, 72, 40, 45, 379, 381, 35, 405, 408, 411, 418, 160, 175, 197, 217, 292, 406, 409, 412, 417, 176, 213, 285, 67, 68, 69, 131, 137, 212, 214, 132, 147, 218, 47, 44, 46, 28, 27, 29, 110, 296, 514, 324, 62, 281, 294, 329, 331, 334, 335, 339, 340, 478, 546, 521, 539, 549, 592, 594, 595, 597, 66, 134, 345, 330, 336, 338, 23, 71, 108, 161, 170, 174, 303, 304, 305, 124, 140, 219, 519, 523, 493, 400, 489..

L'impianto risiederà su appezzamenti di terreno posti ad un'altitudine media di 300 m.s.l.m, diviso in 6 lotti. Il sito è facilmente raggiungibile dalla SP85 collegata alla SS640 Caltanissetta-Agrigento che collega la SS115 a sud con la A19 a nord.

L'estensione complessiva è circa 128 ettari

L'area, oggetto di studio, è un terreno rurale, attualmente incolto, e circondato da terreni agricoli prevalentemente coltivati o caratterizzati da seminativo semplice.



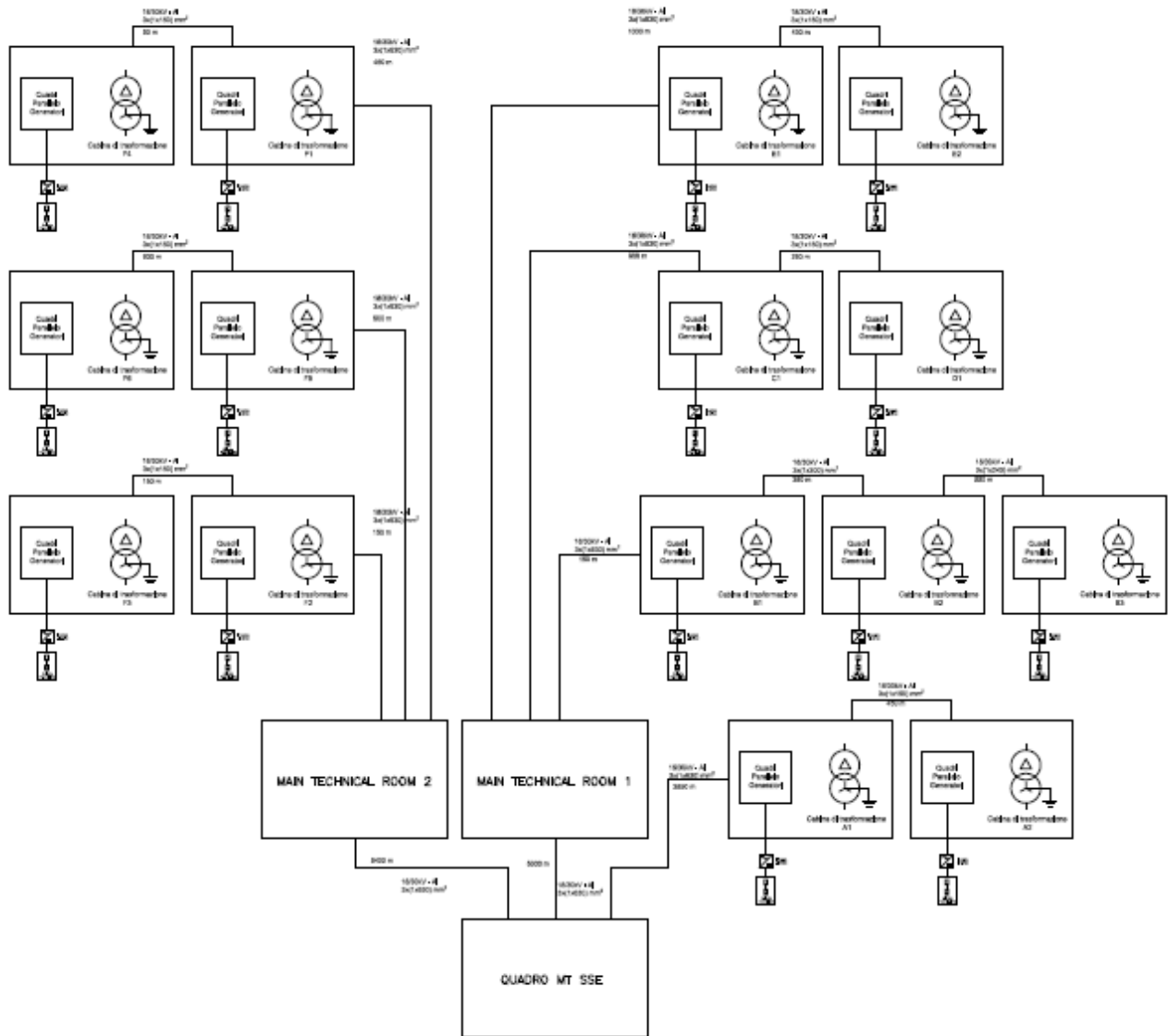
Inquadramento su ortofoto

Non sono presenti sul sito, fenomeni di ombreggiamento, dovuti alla presenza di alberi ad alto fusto o edifici, che possano ostacolare l'irraggiamento diretto durante tutto l'arco della giornata.

La **potenza nominale del generatore fotovoltaico**, data dalla somma delle potenze nominali dei singoli moduli fotovoltaici, è pari a **63.072 kWp**, e sulla base di tale potenza è stato dimensionato tutto il sistema. L'impianto sarà suddiviso in 4 lotti per i quali è prevista la realizzazione di n° 14 locali di trasformazione nei quali saranno presenti anche i quadri di parallelo dei gruppi di conversione.

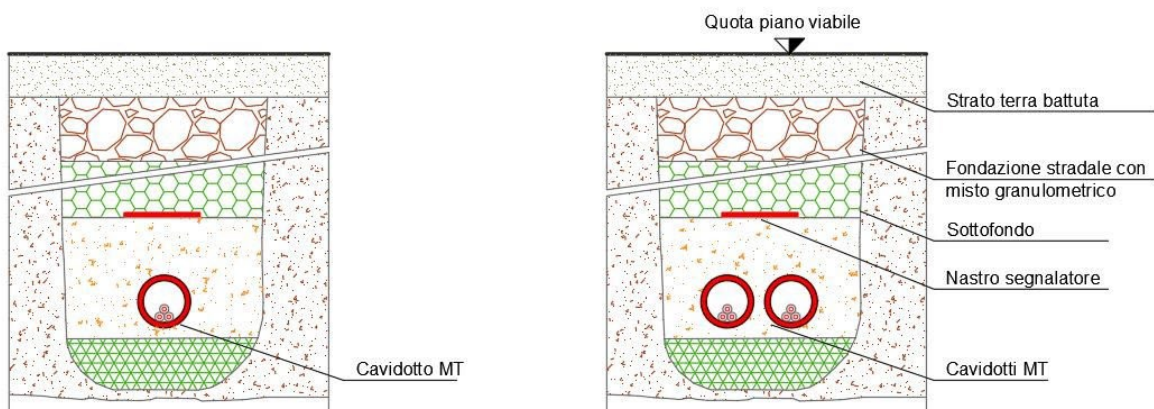
L'impianto sarà collegato in antenna a 150kV con la stazione elettrica (SE) di smistamento a 150/220kV della RTN "Favara" previo potenziamento della stessa.

I 14 sottocampi previsti, hanno una potenza di picco, intesa come somma delle potenze dei moduli fotovoltaici scelti per la realizzazione del campo, pari a **5.292,00 kWp, 3.852,00 kWp, 4.752,00 kWp, 4.680,00 kWp, 4.104,00 kWp, 3.204,00 kWp, 4.680,00 kWp, 4.788,00 kWp, 5.508,00 kWp, 6.120,00 kWp, 2.520,00 kWp, 4.680,00 kWp, 5.292,00 kWp, 3.600,00 kWp** rispettivamente, e per ognuno è prevista la realizzazione di un locale di conversione e trasformazione, all'interno del quale saranno installati i quadri di parallelo inverter, i quadri elettrici di media e bassa tensione e i trasformatori MT/BT. Quanto descritto viene rappresentato nello schema a blocchi sotto riportato:



schema a blocchi rappresentato dell'impianto

Le linee elettriche di media tensione rappresentate, verranno interrate ad una profondità di posa non inferiore 1,1 m e si svilupperanno secondo il tracciato in tratteggio riportato nella tavola "Planimetria Percorso cavi BT e MT"



Per la realizzazione del campo fotovoltaico, è previsto l'utilizzo dei seguenti componenti di impianto:

- 84.096 moduli fotovoltaici da 750Wp;
- cavi elettrici di bassa tensione in corrente continua che dalle stringhe e dai quadri parallelo stringhe arrivano agli inverter;
- N° 236 inverter di stringa Huawei SUN2000-330KTL-H2 con potenza nominale 330 kWp e potenza massima di uscita 275 Kw con uscita 800Vac;
- cavi elettrici di bassa tensione che dagli inverter arrivano ai quadri elettrici BT installati all'interno delle cabine di trasformazione;
- N° 14 quadri elettrici generali di bassa tensione, ciascuno dotato di interruttori automatici di tipo magnetotermico-differenziale (dispositivi di generatore), uno per ogni gruppo di conversione, e un interruttore automatico generale di tipo magnetotermico per la protezione dell'avvolgimento di bassa tensione del trasformatore BT/MT;
- N° 15 trasformatori MT/BT con le seguenti potenze in kVA: 2x3500 (Campo A1), 4500 (Campo A2), 6000 (Campo B1), 6000 (Campo B2), 5000 (Campo B3), 4000 (Campo B4), 6000 (Campo C1), 6000 (Campo C2), 2x6500 (Campo C3), 2X4000 (Campo C4), 3150 (Campo D1), 6000 (Campo E1), 2X3100 (Campo F1), 4500 (Campo G1);
- N° 14 locali di campo di tipo prefabbricato in cui avverrà il parallelo dei campi in BT e la trasformazione in MT
- N° 1 locale MTR per il parallelo di tutti i campi e la partenza verso la SE TERNA
- N° 3 linee elettriche di media tensione in cavo interrato in AL di sezione variabile come riportato nelle tabelle della presente relazione
- N° 1 linea elettrica di media tensione in cavo interrato in AL

Per maggiori dettagli sull'architettura dell'impianto, si rimanda alle tavole di progetto "Schema elettrico Unifilare" e alla Relazione tecnica specialistica".

6 Valutazione dei campi elettromagnetici

Di seguito viene valutato l'impatto elettromagnetico generato, durante l'esercizio, dai seguenti componenti di impianto:

- Moduli fotovoltaici;
- Inverter;
- Cabine di trasformazione;
- Linee elettriche MT.

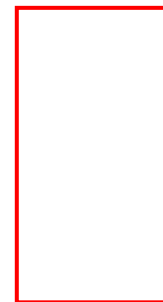
al fine di dimostrare che i livelli di emissione non costituiranno rischi per la popolazione.

6.1 Moduli fotovoltaici

I moduli fotovoltaici lavorano in corrente continua e non in corrente alternata, per cui la generazione di campi variabili è limitata ai soli transitori di corrente (durante la ricerca del MPP da parte dell'inverter, e durante l'accensione o lo spegnimento) e sono comunque di brevissima durata.

Nella certificazione dei moduli fotovoltaici alla norma CEI 82-8 (IEC 61215) non sono comunque menzionate prove di compatibilità elettromagnetica, poiché assolutamente irrilevanti.

Moduli Calypso, modello CPA611HDGDC-715, moduli in silicio monocristallino bifacciale, la cui potenza di picco è pari a 715Wp con le seguenti caratteristiche elettriche:



6.2 Inverter

Gli inverter sono apparecchiature che al loro interno utilizzano un trasformatore ad alta frequenza per ridurre le perdite di conversione. Essi pertanto sono costituiti per loro natura da componenti elettronici operanti ad alte frequenze. D'altro canto il legislatore ha previsto che tali macchine, prima di essere immesse sul mercato, possiedano le necessarie certificazioni a garantirne sia l'immunità dai disturbi elettromagnetici esterni, sia le ridotte emissioni per minimizzarne l'interferenza elettromagnetica con altre apparecchiature elettroniche posizionate nelle vicinanze o con la rete elettrica stessa (via cavo).

A questo scopo gli inverter previsti possiedono la certificazione di rispondenza alle normative di compatibilità elettromagnetica (EMC) (CEI EN 50273 (CEI 95-9), CEI EN 61000-6-3 (CEI 210-65), CEI EN 61000-2-2 (CEI 110-10), CEI EN 61000-3-2 (CEI 110-31), CEI EN 61000-3-3 (CEI 110-28), CEI EN 55022 (CEI 110-5), CEI EN 55011 (CEI 110-6)).

Tra gli altri aspetti queste norme riguardano:

- disturbi alle trasmissioni di segnale operate dal gestore di rete in sovrapposizione alla trasmissione di energia sulle sue linee;
- variazioni di tensione e frequenza. La propagazione in rete di queste ultime è limitata dai relè di controllo della protezione di interfaccia asservita al dispositivo di interfaccia. Le fluttuazioni di tensione e frequenze sono però causate per lo più dalla rete stessa. Si rendono quindi necessarie finestre abbastanza ampie, per evitare una continua inserzione e disinserzione dell'impianto fotovoltaico;
- la componente continua immessa in rete. Il trasformatore elevatore contribuisce a bloccare tale componente. In ogni modo il dispositivo di interfaccia di ogni inverter interviene in presenza di componenti continue maggiori dello 0.5% della corrente nominale.

Per la conversione dell'energia è previsto l'uso di inverter di stringa SUN2000-330KTL-H2 direttamente fissati alle strutture di supporto dei moduli. Come si evince dalla scheda tecnica allegata, l'inverter può generare una corrente massima di uscita pari a 275 kW che non può essere superata in nessun caso.

Per il calcolo del dimensionamento del cavo di collegamento alle cabine di trasformazione si considera un cosfi pari a 1, posa interrata in conduttura, lunghezza media 300m, temperatura 30°.

Per il calcolo della DPA si considera quindi un cavo pari a 50 mmq unipolare tipo FG16 con distanza tra le fasi cautelativa di 2 cm (diametro effettivo cavo 1,7 cm) e profondità minima di posa 0,6 m.

Tabella calcolo DPA Cavo BT Inverter: caso peggiore con posa in piano, profonda a soli 0,6 m

Potenza nominale	Lunghezza linea	Formazione cavo cavo MT	Corrente nominale	Portata cavo (declassata)	CdT	Profondità posa	Distanza fasi	R'	R ₀
kW	m		lb		%	m	m	m	m
275	200	1x3x(1x50)	22,05	100,8	0,09	0,6	0,02	0,30	Sotto piano calpestio

L'obiettivo di qualità viene raggiunto già con una profondità di posa pari a 30 cm, ben al di sotto dal piano campagna in quanto il cavo sarà posato ad una profondità di 60 cm.

► SUN2000-330KTL-H2 Smart String Inverter

For MEA, Eurasian



Max. Efficiency $\geq 99.0\%$



Smart Connector-level Detection (SCLD)



Smart Self-cleaning Fan (SSCF)



IP66 Protection



MBUS Supported



Smart String-level Disconnection (SSLD)

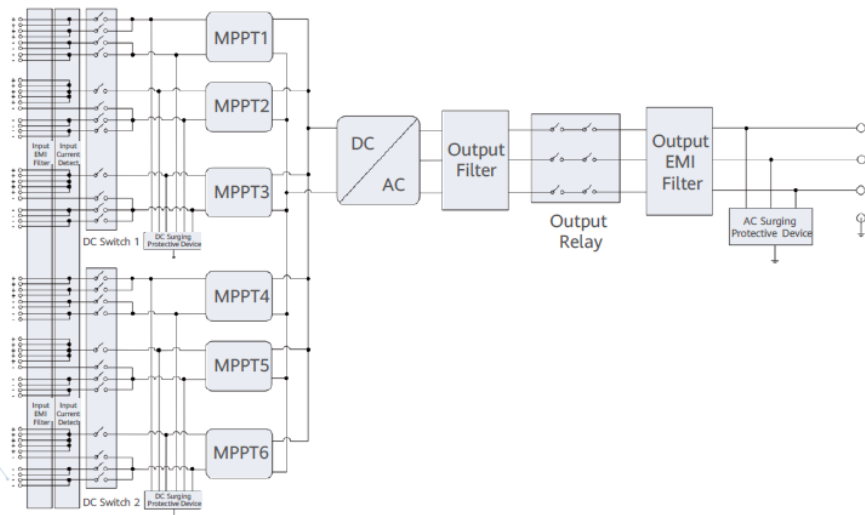


Smart IV Curve Diagnosis Supported



Surge Arresters for DC & AC

Circuit Diagram



Technical Specifications

Efficiency	
Max. Efficiency	≥ 99.0%
European Efficiency	≥ 98.8%
Input	
Max. Input Voltage	1,500 V
Number of MPPT	6
Max. Current per MPPT	65 A
Max. Short Circuit Current per MPPT	115 A
Max. PV Inputs per MPPT	4/5/5/4/5/5
Start Voltage	550 V
MPPT Operating Voltage Range	500 V ~ 1,500 V
Nominal Input Voltage	1,080 V
Output	
Nominal AC Active Power	275,000 W ¹
Max. AC Apparent Power	330,000 VA
Max. AC Active Power (cosφ=1)	330,000 W
Nominal Output Voltage	800 V, 3W + PE
Rated AC Grid Frequency	50 Hz / 60 Hz
Nominal Output Current	198.5 A
Max. Output Current	240.3 A
Adjustable Power Factor Range	0.8 LG ... 0.8 LD
Total Harmonic Distortion	THD _i < 1% (Rated)
Protection	
Smart String-level Disconnection (SSLD)	Yes
Smart Connector-level Detection (SCLD)	Yes
AC Overcurrent Protection	Yes
DC Reverse-polarity Protection	Yes
PV-array String Fault Detection	Yes
DC Surge Arrester	Type II
AC Surge Arrester	Type II
DC Insulation Resistance Detection	Yes
Residual Current Detection Unit	Yes
Communication	
Display	LED Indicators, WLAN + APP
USB	Yes
MBUS	Yes
RS485	Yes
General	
Dimensions (W x H x D)	1,048 x 732 x 395 mm
Weight (with mounting plate)	≤ 112 kg
Operating Temperature Range	-25°C ~ 60°C
Cooling Method	Smart Air Cooling
Max. Operating Altitude without Derating	4,000 m
Relative Humidity	0 ~ 100% (Non-condensing)
DC Connector	HH4SMM4TMSPA / HH4SFM4TMSPA
AC Connector	Support OT / DT Terminal (Max. 400 mm ²)
Protection Degree	IP 66
Anti-corrosion Protection	C5-Medium
Topology	Transformerless
Standards Compliance	
IEC 62109-1/-2, IEC 62920, IEC 60947-2, EN 50549-2, IEC 61683, etc.	

¹: Environmental temperature is 50°C

6.3 Cabine elettriche MT/BT e DPA

L'indagine del campo magnetico generato all'interno e nelle immediate vicinanze delle cabine elettriche di conversione e trasformazione BT/MT, esula dagli scopi della presente relazione, trattandosi di siti interclusi alla libera circolazione e nei quali il tempo di permanenza agli addetti ai lavori è tale da non costituire significativo rischio per la salute. Ciò nonostante, se ne riporta uno studio in condizioni di portata di corrente in servizio normale, intesa, ai sensi della Norma CEI 11- 60, come la corrente che può essere sopportata da un conduttore per il 100% del tempo con limiti accettabili del rischio di scarica sugli oggetti mobili e sulle opere attraversate e dell'invecchiamento, in quanto, ai sensi dell'art. 6 del D.P.C.M. 8 luglio 2008, i proprietari devono comunicare non solo l'ampiezza delle fasce di rispetto ma anche i dati per il calcolo delle stesse ai fini delle verifiche delle Autorità Competenti.

Per la determinazione della Distanza di Prima Approssimazione delle cabine elettriche di trasformazione MT/BT, è stata applicata la procedura di calcolo definita dal Decreto Ministeriale 29 maggio 2008.

La struttura semplificata sulla base della quale viene calcolata la DPA, intesa come distanza da ciascuna delle pareti (tetto, pavimento e pareti laterali), è un sistema trifase, percorso da una corrente pari alla corrente nominale dell'avvolgimento di bassa tensione, e con distanza tra le fasi pari al diametro dei cavi reali in uscita dal trasformatore stesso.

Sotto queste ipotesi, l'espressione che consente di determinare la DPA è quella di seguito riportata:

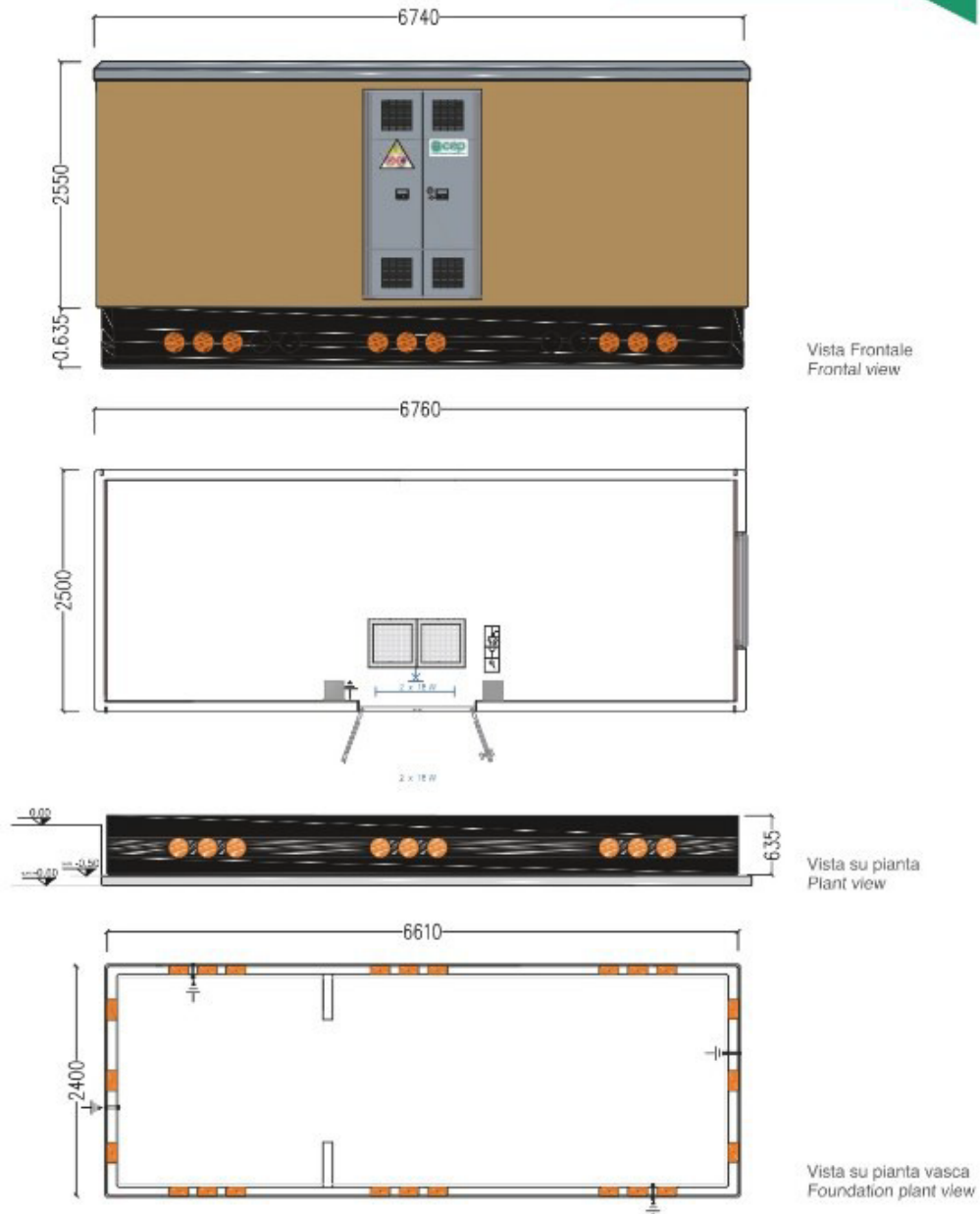
$$Dpa = 0.40942 * x^{0.5241} * \sqrt{I}$$

dove:

- DPA è la distanza di prima approssimazione, in metri;
- I è la corrente nominale dell'avvolgimento di bassa tensione del trasformatore, in Ampere;
- X è il diametro dei cavi in uscita dal trasformatore, in metri.

Come facilmente deducibile dalle tavole di progetto allegate e dallo schema elettrico unifilare (a cui si rimanda per maggiori dettagli), l'impianto fotovoltaico ha una **potenza di picco pari a 63.072 kWp** e sarà suddiviso in 14 sottocampi fotovoltaici. Per ciascun campo, è prevista la realizzazione di un locale di trasformazione, all'interno del quale, verranno installati i trasformatori MT/BT, e i quadri elettrici di media e bassa tensione. I locali menzionati saranno del tipo CEP P67, come quelli rappresentati in figura sottostante:

P67



Vista laterale e in pianta Cabina elettrica equipaggiata con singolo trasformatore MT/BT

In particolare, per i ciascun sottocampo fotovoltaico, è previsto l'utilizzo di un trasformatore BT/MT. Considerando che i trasformatori scelti hanno un rapporto di trasformazione nominale pari a 30kV/0,8kV, e facendo il calcolo nel caso peggiore con il trasformatore di taglia più elevata, le correnti nominali degli avvolgimenti di bassa tensione, da prendere in considerazione ai fini della valutazione della DPA, valgono:

$$I_{n\ BT} (\text{trafo da } 6000\text{kVA}) = 4.330,13 \text{ A}$$

Assumendo che ciascuna fase BT sarà costituita da n° 10 cavi unipolari da 240 mm² (mentre nella realtà verranno utilizzate blindo barre in rame), utilizzando la tabella sotto allegata, si può determinare il diametro del cavo da prendere in considerazione ai fini dell'applicazione della (1) per il calcolo della DPA:

Numero conduttori	Sezione nominale	Diametro indicativo conduttore	Spessore medio isolante	Diametro est. indicativo di produzione	Peso indicativo del cavo	Resistenza Elettrica a 20°C	Portate di corrente (A)	
Cores number	Cross section	Approx conductor diameter	Insulation medium thickness	Approx external production diameter	Approx cable weight	Electric resistance at 20°C	Current carrying capacities (A)	
(N°)	(mm ²)	(mm)	(mm)	(mm)	(kg/km)	(Ohm/km)	30°C in tubo o in aria in air or pipe	(*) 20°C interato in ground
1x	1.5	1.6	0.7	6.05	51	13.3	20	21
	4	2.6	0.7	7.15	84	4.95	37	35
	6	3.4	0.7	7.5	104	3.3	48	44
	10	4.4	0.7	7.99	152	1.91	66	59
	16	5.7	0.7	9.1	211	1.21	88	77
	25	6.9	0.9	10.4	301	0.78	117	100
	35	8.1	0.9	11.7	396	0.554	144	121
	50	9.8	1	14.05	556	0.386	175	150
	2.5	2	0.7	6.5	63	7.98	28	27
	70	11.6	1.1	15.9	761	0.272	222	184
	95	13.3	1.1	17.59	991	0.206	269	217
	120	15.1	1.2	19.9	1219	0.161	312	259
	150	16.8	1.4	22.01	1517	0.129	355	287
	185	18.6	1.6	24.2	1821	0.106	417	323
	240	21.4	1.7	26.88	2366	0.0801	490	379
	300	23.9	1.8	31.7	2947	0.0641	-	429
400	27.5	2	35.1	3870	0.0486	-	541	
2x	1.5	1.6	0.7	9.6	125	13.3	22	23
	2.5	2	0.7	10.1	151	7.98	30	30
	4	2.6	0.7	11.9	210	4.95	40	39
	6	3.4	0.7	12.7	260	3.3	51	49
	10	4.4	0.7	14.27	395	1.91	69	66
	16	5.7	0.7	16.3	576	1.21	91	86
	25	6.9	0.9	19	806	0.78	119	111
	35	8.1	0.9	21.4	1052	0.554	146	136
	50	9.8	1	25.5	1465	0.386	175	169
	70	11.6	1.1	30.8	2282	0.272	221	207
	95	13.3	1.1	33.9	2917	0.206	265	245
120	15.1	1.2	37.9	3678	0.161	305	284	
150	16.8	1.4	42	4028	0.129	-	324	
3x	1.5	1.6	0.7	9.9	142	13.3	19.5	19
	2.5	2	0.7	11	185	7.98	26	25
	4	2.6	0.7	12.5	246	4.95	35	32
	6	3.4	0.7	13.5	317	3.3	44	41
	10	4.4	0.7	16.5	503	1.91	60	55
	16	5.7	0.7	18.5	690	1.21	80	72
	25	6.9	0.9	21.9	991	0.78	105	93
	35	8.1	0.9	23.99	1370	0.554	128	114
	50	9.8	1	29.5	1941	0.386	154	141
	70	11.6	1.1	33.9	2680	0.272	194	174
	95	13.3	1.1	37.8	3487	0.206	233	206
	120	15.1	1.2	42.66	4406	0.161	268	238
	150	16.8	1.4	46.87	5440	0.129	300	272
185	18.6	1.6	53.5	6750	0.106	340	306	
240	21.4	1.7	60.65	8778	0.0801	398	360	

Tenendo conto del diametro del singolo cavo e del numero di cavi costituenti ciascuna fase BT, si ricava un diametro equivalente del fascio di cavi in uscita dai trasformatori di circa 145 mm, pertanto,

applicando la (1) si ottiene una distanza di prima approssimazione, arrotondata al mezzo metro superiore, pari a:

$$\text{DPA} = 12,5 \text{ m}$$

Tale calcolo viene eseguito con la potenza massima transitabile sul trasformatore, nella realtà i trasformatori vengono sovradimensionati per evitare surriscaldamenti nei periodi estivi, inoltre la potenza realmente trasmessa dal campo in funzione sul trasformatore da 6000 kVA è pari a 4.330,13 kW solo nel picco di produzione.

Tali distanze in realtà risulteranno ulteriormente ridotte per via della gabbia metallica a protezione del trafo non apribile sotto tensione e per la schermatura dell'armatura della stessa cabina.

Non è prevista permanenza di persone superiore alle 4 ore nelle immediate vicinanze della cabina inoltre le cabine di trasformazione sono poste all'interno del campo fotovoltaico in area recintata e lontano da aree sensibili.

6.4 Linee elettriche di media tensione e DPA

Per la connessione delle cabine elettriche di trasformazione BT/MT di campo al quadro elettrico generale di media tensione, è prevista la realizzazione di n° 3 linee elettriche MT in cavo interrato.

Il profilo trasversale del campo magnetico generato dalle linee elettriche in cavo interrato, misurato a 1 m dal piano di calpestio, ha un andamento del tipo indicato nelle figure seguenti, dove:

- le curve della figura a si riferiscono a linee trifasi con conduttori distanziati tra loro di 0,20 m posati rispettivamente a 1,00 m, 1,50 m e 2,00 m di profondità, paralleli tra loro e alla superficie di calpestio.
- le tre curve di figura b sono riferite a linee con fasi disposte a trifoglio e distanti tra loro 0,05 m con profondità di posa per fase di cui alla seguente figura.

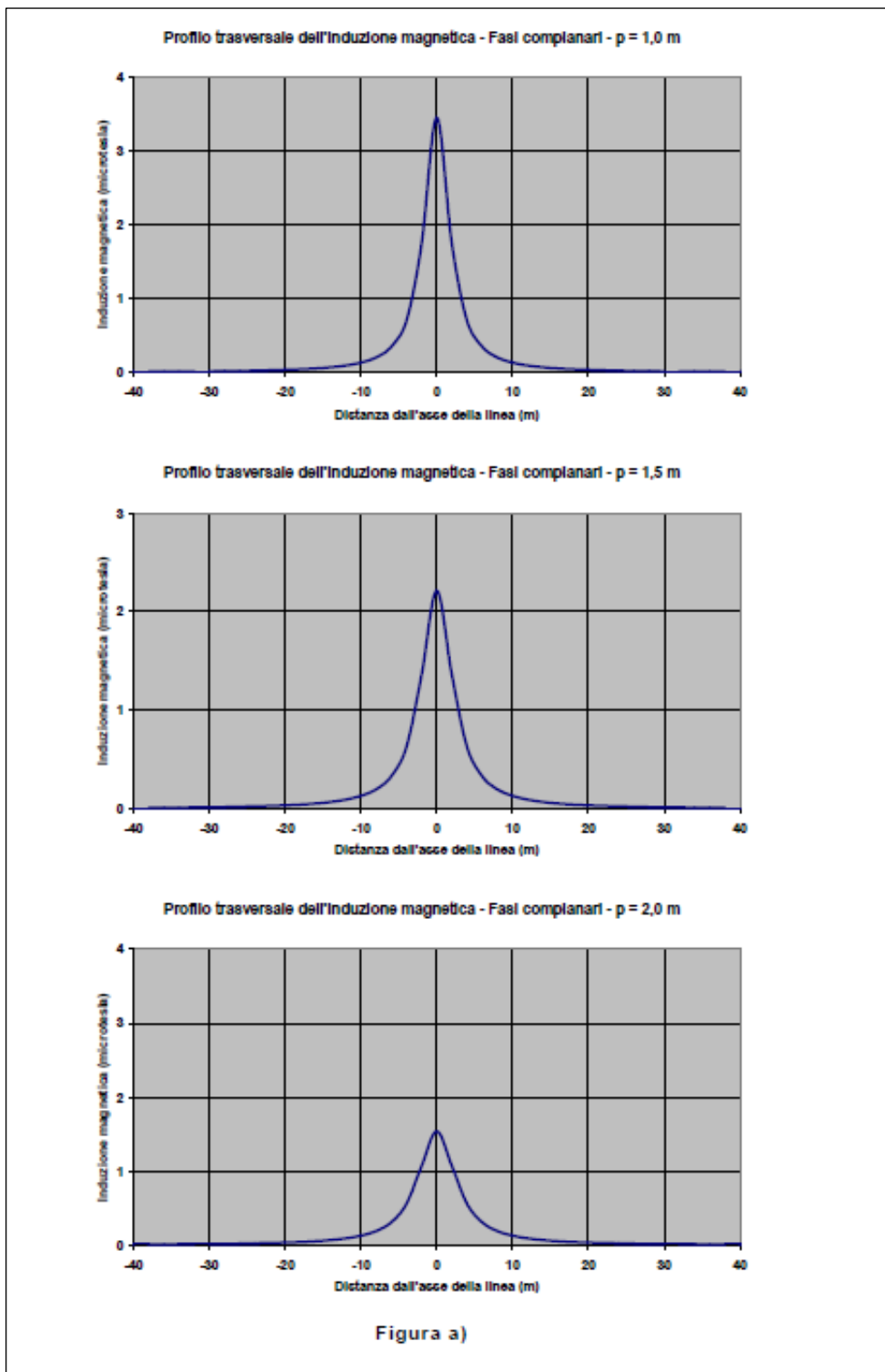


figura a) tratta dalla Norma CEI 11-17

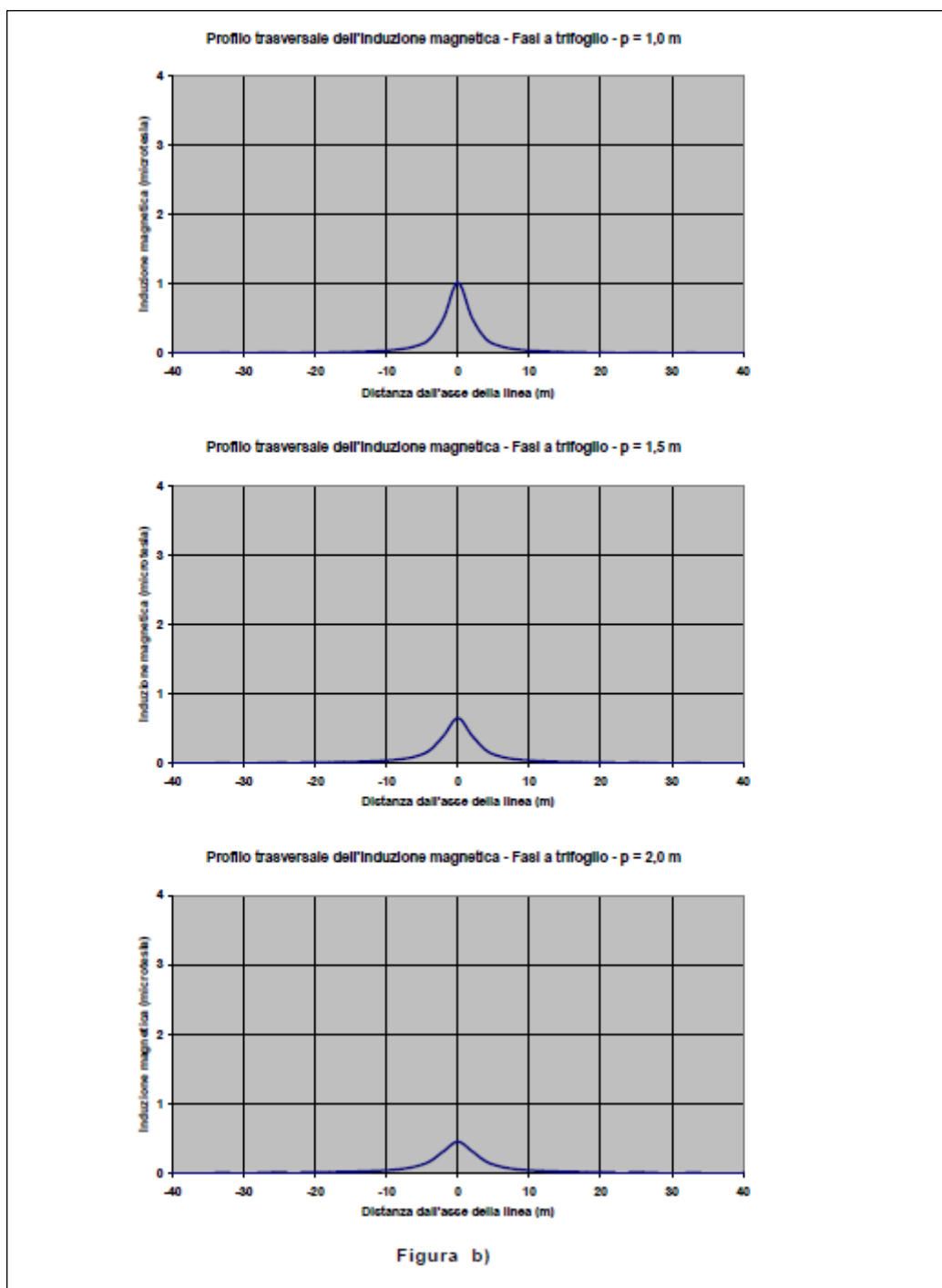
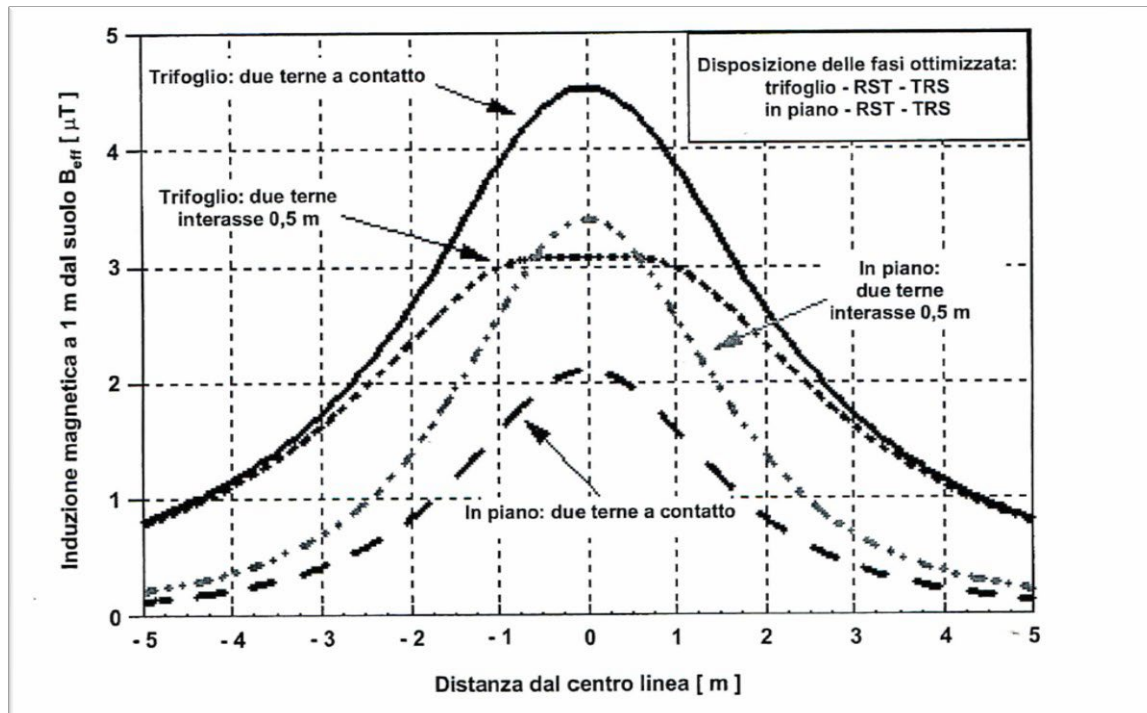


figura b) tratta dalla Norma CEI 11-17

Analizzando i grafici sopra rappresentati, si nota che l'intensità del campo magnetico generato decresce rapidamente con la distanza e che l'incremento della profondità di posa e l'avvicinamento delle fasi e la loro disposizione a trifoglio, a parità di altre condizioni, attenua il campo.

Al contrario, nel caso di linea in doppia terna, a parità di profondità di posa, la configurazione con le fasi disposte in piano e a contatto è, in genere, migliore di quella a trifoglio, se le fasi delle due terne sono disposte in maniera ottimale, soprattutto per quanto riguarda i valori di induzione magnetica ad una certa distanza dall'asse della linea. Inoltre, in questi casi, anche la distanza tra le due terne rappresenta un fattore importante ai fini della mitigazione del campo magnetico. I risultati di calcolo riportati nella figura seguente, tratta dalla Norma CEI 106-11, illustrano tali affermazioni ed evidenziano come, nel

caso della posa a trifoglio, i valori dell'induzione magnetica diminuiscono all'aumentare della distanza tra le due terne, mentre con la posa in piano si verificano esattamente l'opposto.



Confronto tra i profili laterali dell'induzione magnetica a 1 m da terra di due terne poste rispettivamente a trifoglio e in piano a contatto, $I=1000$; profondità di posa= 1,2 m; diametro cavi 100 mm

L'esempio riportato sopra dimostra inoltre come, nel caso dei cavi disposti in doppia terna, le combinazioni dei parametri geometrici ed elettrici che entrano in gioco nella determinazione della distribuzione del campo magnetico siano in pratica più numerose e/o maggiormente modificabili di quelle precedentemente individuate per tipiche linee elettriche aeree. Infatti, come è facilmente intuibile, esiste una maggior libertà nella scelta della geometria di posa delle due terne e nella disposizione delle fasi dei cavi. In fase di progettazione definitiva, al fine di ridurre l'entità del campo magnetico generato durante l'esercizio, si è deciso di utilizzare cavi tripolari ad elica visibile per posa interrata ARG7H1RNR 18/30kV per la realizzazione degli elettrodotti MT di collegamento tra le cabine di trasformazione BT/MT di campo e il quadro elettrico generale di media tensione:



cavi MT per posa interrata

ARG7H1RNR - 18/30 kV

U₀/U: 18/30 kV

U max: 36 kV

Caratteristiche tecniche

Formazione	Ø indicativo conduttore	Spessore medio isolante	Ø esterno max	Peso indicativo cavo	Portata di corrente A			
					in aria		interrato*	
n° x mm ²	mm	mm	mm	kg/km	a trifoglio	in piano	a trifoglio	in piano
1 x 50	8,2	8,0	36,1	1600	174	183	168	177
1 x 70	9,8	8,0	38,2	1795	218	229	207	218
1 x 95	11,45	8,0	39,7	1960	266	280	247	260
1 x 120	12,9	8,0	42,4	2245	309	325	281	296
1 x 150	14,2	8,0	43,7	2405	352	371	318	335
1 x 185	16,0	8,0	45,7	2625	406	427	361	380
1 x 240	18,4	8,0	48,3	2985	483	508	418	440
1 x 300	20,5	8,0	51,8	3345	547	576	472	497
1 x 400	23,6	8,0	55,2	4005	640	674	543	572
1 x 500	26,55	8,0	58,35	4440	740	779	621	654
1 x 630	30,1	8,0	62,8	5135	862	907	706	743

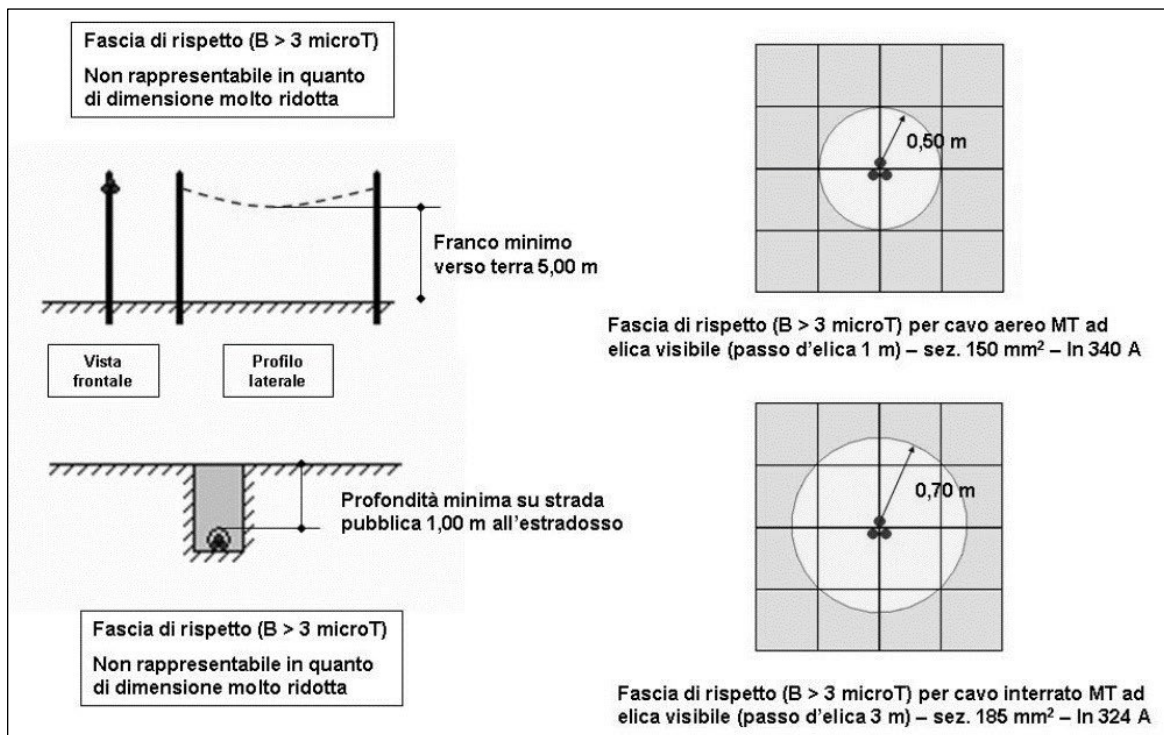
(*) I valori di portata si riferiscono alle seguenti condizioni:
 - Resistività termica del terreno: 1 K·m/W
 - Temperatura ambiente 20°C
 - profondità di posa: 0,8 m

Caratteristiche elettriche

Formazione	Resistenza elettrica a 20°C	Resistenza apparente a 90°C e 50Hz		Reattanza di fase		Capacità a 50Hz
		Ω/km		Ω/km		
n° x mm ²	Ω/Km	a trifoglio	in piano	a trifoglio	in piano	μF/km
1 x 50	0,641	0,822	0,822	0,15	0,20	0,15
1 x 70	0,443	0,568	0,568	0,14	0,20	0,16
1 x 95	0,320	0,411	0,411	0,13	0,19	0,18
1 x 120	0,253	0,325	0,325	0,13	0,18	0,19
1 x 150	0,206	0,265	0,265	0,12	0,18	0,20
1 x 185	0,164	0,211	0,211	0,12	0,12	0,22
1 x 240	0,125	0,161	0,161	0,11	0,17	0,24
1 x 300	0,100	0,130	0,129	0,11	0,17	0,27
1 x 400	0,0778	0,102	0,101	0,11	0,16	0,29
1 x 500	0,0605	0,0801	0,0794	0,10	0,16	0,32
1 x 630	0,0469	0,0635	0,0625	0,099	0,16	0,36

L'utilizzo di cavi avvolti reciprocamente a spirale, fa sì che l'obiettivo di qualità di 3μT fissato dal 08/07/2003, venga raggiunto a brevissima distanza dall'asse del cavo stesso (50÷80cm), grazie alla ridotta distanza tra le fasi e alla loro continua trasposizione dovuta alla cordatura. Inoltre, considerando che la profondità di posa prevista è di 1,20 m, a livello del suolo sulla verticale del cavo e nelle condizioni limite di portata si determina una induzione magnetica inferiore a 3 μT, pertanto per questa tipologia di cavi non è necessario stabilire una fascia di rispetto in quanto l'obiettivo di qualità è rispettato ovunque.

Quanto sopra descritto, trova riscontro nella guida e-Distribuzione "Linee guida per l'applicazione del paragrafo 5.1.3 dell'Allegato al DM 29.05.08 – Distanza di prima approssimazione (DPA) da linee elettriche e cabine elettriche", con particolare riferimento alle linee elettriche di distribuzione di media tensione di e-Distribuzione:



DPA linee MT ad elica visibile

Inoltre, considerando che le linee si svilupperanno all'interno di siti interclusi alla libera circolazione e nei quali il tempo di permanenza agli addetti ai lavori è tale da non costituire significativo rischio per la salute, possiamo affermare che per questa tipologia di cavi, non è necessario definire una fascia di rispetto in quanto l'obiettivo di qualità di $3 \mu\text{T}$ fissato dal D.P.C.M. 8 luglio 2003 è rispettato ovunque.

La stima delle DPA per le linee in MT è stata valutata secondo il DM 29 maggio 2008 preliminarmente attraverso l'utilizzo del metodo semplificato riportato al paragrafo 6.2 della norma CEI 106-11 e successivamente attraverso l'utilizzo del metodo bidimensionale (che applica la legge di Biot e Savart); quest'ultimo tiene conto in modo cautelativo anche della sovrapposizione dei campi in caso di parallelismi.

La premessa al calcolo è:

- La corrente considerata è quella massima di erogazione dell'impianto fotovoltaico alla tensione di esercizio nominale
- La profondità di posa è quella di progetto 1 m
- Le correnti si considerano equilibrate tra loro

Di seguito si riportano i risultati del calcolo delle DPA dei tratti considerati con i vari modelli, quali attraversati dalla maggior intensità di corrente e pertanto rappresentativi di tutte le linee elettriche in MT presenti nel campo fotovoltaico.

Le situazioni più comuni di posa trattano cavi unipolari, in piano o a triangolo, nel caso AT ad una profondità di circa 1,2 – 1,8 m con distanza fra i cavi di circa 0,15 – 0,25 m, mentre nel caso MT ad una profondità di circa 0,8 - 1,2 m con distanza fra i cavi di circa 0,10 m.

Linea in cavo interrato con cavi unipolari posati in piano. La formula da applicare può essere la stessa utilizzata per le linee aeree in piano:

$$B = \frac{P \cdot I}{R^2} \cdot 0,2 \cdot \sqrt{3} \quad [\mu\text{T}]$$

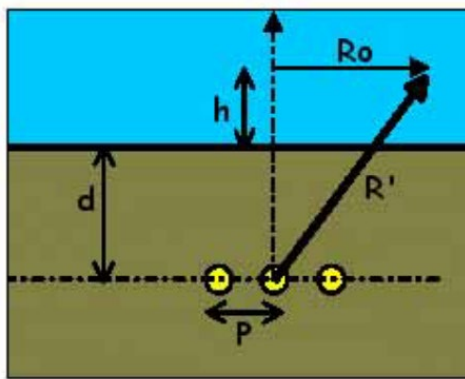
dove P [m] è la distanza fra i conduttori adiacenti (in caso di distanze differenti, P diventa la media delle

distanze fra i conduttori esterni e quello centrale), I [A] è la corrente, simmetrica ed equilibrata, che attraversa i conduttori, R [m] è la distanza dal baricentro dei conduttori alla quale calcolare l'induzione magnetica B (la formula è valida per $R \gg P$). Rovesciando la logica, è anche possibile calcolare la distanza R' dal baricentro dei conduttori, alla quale l'induzione magnetica si riduce al valore dell'obiettivo di qualità di $3 \mu\text{T}$:

$$R' = 0,34 \cdot \sqrt{P \cdot I} \quad [\text{m}]$$

Invece della distanza dal baricentro può essere interessante conoscere la distanza dall'asse della linea a livello del suolo ($h=0$) R_0 oltre la quale l'induzione magnetica scende al di sotto dell'obiettivo di qualità di $3 \mu\text{T}$ (d è la profondità di posa):

$$R_0 = \sqrt{0,115 \cdot P \cdot I - d^2} \quad [\text{m}]$$



Schema e distanze di cavi interrati posati in piano

Linea in cavo interrato con cavi unipolari posati a trifoglio. La formula da applicare può essere la stessa utilizzata per le linee aeree con conduttori a triangolo:

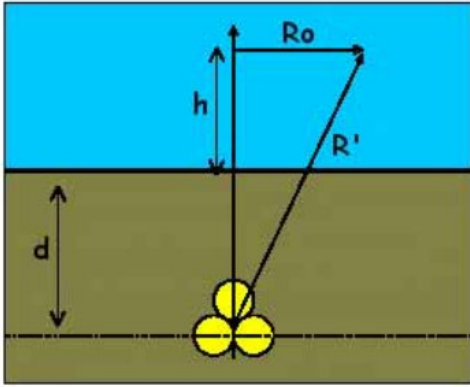
$$B = \frac{P \cdot I}{R^2} \cdot 0,1 \cdot \sqrt{6} \quad [\mu\text{T}]$$

dove P [m] è la distanza fra i conduttori disposti ai vertici di un triangolo (in caso di distanze differenti, P diventa la media delle distanze fra i tre conduttori), I [A] è la corrente, simmetrica ed equilibrata, che attraversa i conduttori, R [m] è la distanza dal baricentro dei conduttori alla quale calcolare l'induzione magnetica B (la formula è valida per $R \gg P$). Rovesciando la logica, è anche possibile calcolare la distanza R' dal baricentro dei conduttori, alla quale l'induzione magnetica si riduce al valore dell'obiettivo di qualità di $3 \mu\text{T}$:

$$R' = 0,286 \cdot \sqrt{P \cdot I} \quad [\text{m}]$$

Invece della distanza dal baricentro può essere interessante conoscere la distanza dall'asse della linea a livello del suolo ($h=0$) R_0 oltre la quale l'induzione magnetica scende al di sotto dell'obiettivo di qualità di $3 \mu\text{T}$ (d è la profondità di posa):

$$R_0 = \sqrt{0,082 \cdot P \cdot I - d^2} \quad [\text{m}]$$



Schema e distanze di cavi interrati posati a trifoglio

Il metodo semplificato per il calcolo dell'induzione magnetica per linee in cavo interrato a semplice terna, riportato al paragrafo 6.2.3 della norma CEI 106-11, prevede l'utilizzo della seguente relazione (specificata per cavi interrati a trifoglio):

$$B = 0,1 \cdot \sqrt{6} \cdot \frac{S \cdot I}{R^2} \quad [\mu T]$$

Da tale formula si ricava il valore della distanza per la quale è garantita un'induzione magnetica inferiore ai 3 μT che coincide con l'obiettivo di qualità imposto dalla norma per gli effetti a lungo termine:

$$R' = 0,286 \cdot \sqrt{S \cdot I} \quad [m]$$

Per cavi interrati il valore del raggio a induzione magnetica costante pari a 3 μT calcolato al livello del suolo è pari a:

$$R_0 = \sqrt{0,082 \cdot S \cdot I - d^2} \quad [m]$$

Calcolo DPA cavidotti in MT di collegamento tra le cabine di campo.
Si riportano di seguito le cabine di campo con le relative potenze:

Lotto	Campo	Cabina di campo	Potenza campo	KW-ac nominale	n. Inverter	Trafo	Tensione
			kWp	kW		kVA	kV
A	A1	PS-A1	5.292,00	4.551,12	19	2x3500	30
	A2	PS-A2	3.852,00	3.312,72	15	4500	30
B	B1	PS-B1	4.752,00	4.086,72	18	6000	30
	B2	PS-B2	4.680,00	4.024,80	18	6000	30
	B3	PS-B3	4.104,00	3.529,44	16	5000	30
	B4	PS-B4	3.204,00	2.755,44	12	4000	30
C	C1	PS-C1	4.680,00	4.024,80	18	6000	30
	C2	PS-C2	4.788,00	4.117,68	18	6000	30
	C3	PS-C3	5.508,00	4.736,88	19	2X3500	30
	C4	PS-C4	6.120,00	5.263,20	22	2x4000	30

D	D1	PS-D1	2.520,00	2.167,20	10	3150	30
E	E1	PS-E1	4.680,00	4.024,80	18	6000	30
F	F1	PS-F1	5.292,00	4.551,12	19	2X3150	30
G	G1	PS-G1	3.600,00	3.096,00	14	4500	30

Per i seguenti collegamenti si è utilizzato un cavo in materiale conduttore alluminio e isolamento HEPR qualità G7 con designazione ARG7H1RNR - 18/30 kV, posa a trifoglio, tensione 30kV, profondità 1m, temperatura terreno 20°C, declassamento portata in corrente cavo con fattore k=0,6

Ramo	Collegamento da:	Collegamento a:	Potenza reale	Potenza apparente nominale	Lunghezza linea	Formazione cavo cavo MT	Corrente nominale	Portata cavo (declassata)	CdT	R'	RO
			kW-ac	kVA	m		lb		%	m	m
R- F-E	F1	E1	4.551,1	6.300,0	1400	1x3x(1x95)	121,24	148,2	0,33	0,627	-
R- E-D	E1	D1	8.575,9	12.300,0	1750	1x3x(1x240)	236,71	250,8	0,40	0,967	-
R- MT_DF	D1	POWER-C	10.743,1	15.450,0	3350	2x3x(1x240)	297,34	501,6	0,48	1,084	0,421
R- A1	A1	A2	4.551,1	7000	480	1x3x(1x95)	134,72	148,2	0,12	0,661	-
R- MT_A	A2	POWER-C	7.863,8	11500	500	1x3x(1x240)	221,32	250,8	0,11	0,935	-
R- B1	B1	B2	6.000,0	3150	250	1x3x(1x95)	60,62	148,2	0,03	0,444	-
R- MT_B2	B2	POWER-C	12.000,0	9150	150	1x3x(1x185)	176,09	216,6	0,03	0,811	-
R- C4	C4	C2	5.263,2	8000	550	1x3x(1x185)	153,96	216,6	0,10	0,759	-
R- C2	C2	C3	9.380,9	14000	300	2x3x(1x240)	269,43	501,6	0,04	1,032	0,259
R- MT_C4	C3	POWER-C	14.117,8	21000	1500	2x3x(1x240)	404,15	501,6	0,29	1,264	0,775
R- C1	C1	B4	4.024,8	6000	350	1x3x(1x95)	115,47	148,2	0,08	0,612	-
R- B4	B4	B3	6.780,2	10000	550	1x3x(1x185)	192,45	216,6	0,12	0,848	-
R- B3	B3	POWER-C	10.309,7	15000	60	2x3x(1x240)	288,68	501,6	0,01	1,068	0,379
R- G1	G1	MTR	3.096,0	4500	1100	1x3x(1x95)	86,60	148,2	0,18	0,530	-
R- PowerC	POWER-C	MTR	55.034,4	72.100,0	1600	6x3x(1x240)	1.387,57	1504,8	0,35	2,341	2,120
ACC	MTR		30.000,0	35000	1200	3x3x(1x240)	673,58	752,4	0,26	1,631	1,291

Il calcolo della linea per quanto riguarda la portata e la caduta di tensione è stato effettuato sulla potenza massima erogabile dal trasformatore e non sulla potenza reale erogabile dagli inverter quindi si ha un sovradimensionamento dei cavi dovuto anche al fattore di declassamento in portata impostato a 0,6.

Il valore di induzione magnetica viene arrotondato per eccesso, la distanza dall'asse verticale dell'elettrodotto per il quale è garantito l'obiettivo di qualità di 3 Mt

Dal calcolo per eccesso l'obiettivo di qualità è verificato per la maggior parte delle connessioni al di sotto del piano di calpestio. E comunque si tratta di cavidotti tutti interni al campo fotovoltaico.

L'unico cavidotto esterno è quello che riguarda la connessione dei lotti B e C in quanto una parte

attaversa la strada pubblica, per tale cavidotto si raggiunge l'obiettivo di qualità a 45 cm dall'asse del cavidotto e comunque interferisce con abitazioni o postazioni con permanenza di persone.

Il cavidotto di collegamento tra accumulo e MTR ha una DPA pari a 1,3 metri comunque contenuta all'interno del campo recintato.

Il cavidotto di collegamento tra MTR e SSE Terna ha una DPA approssimata per eccesso a 2,5 metri e non interferisce con alcun luogo sensibile.

6.5 Calcolo DPA Buche Giunti

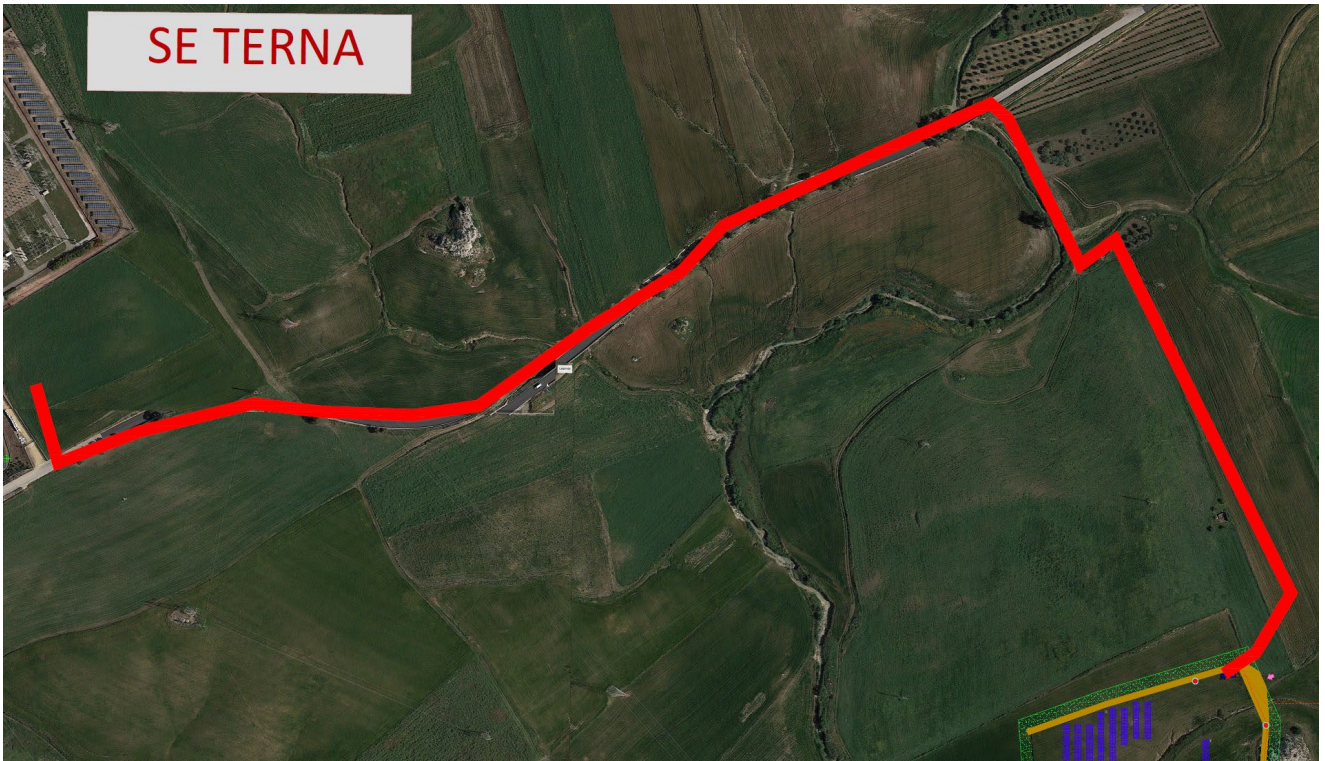
Come indicato nelle modalità di posa dei cavidotti dei paragrafi seguenti verranno eseguiti dei giunti tra i cavi con componenti che ripristinano le caratteristiche elettriche e meccaniche del cavo stesso. Tali giunzioni saranno direttamente interrate come il resto del cavidotto e non determinano un aumento significativo del valore di induzione elettromagnetica anche se in questo caso è opportuno calcolare la distanza dall'asse del cavidotto R_0 con il metodo della posa in piano i cui valori si riportano nella tabella seguente.

Vista la lunghezza del cavidotto di quasi 6 km verrà eseguita la messa a terra dello schermo del cavidotto (realizzata mediamente ogni 3 km), tale operazione viene eseguita per tutte le fasi generando quindi 3 giunti per ogni buca e collegando le masse degli schermi ad un picchetto di terra ispezionabile. In questo caso le terne di cavi verranno posati in piano generando quindi un valore di induzione magnetica più elevata in quanto i cavi risulteranno anche più distanziati tra loro per la presenza del giunto di massa. Uguali buche saranno realizzate in prossimità della SSE per realizzare i giunti di interruzione dello schermo. In corrispondenza alle buche i cavi saranno interrati a profondità superiore e comunque non inferiore a 1,2m. Per il calcolo della distanza R_0 sarà considerata una profondità di interrimento superiore e pari a 1,2m dal piano di calpestio e una distanza dai cavi di circa 10 cm (da sommare al diametro del cavidotto stesso).

Giunti in buche di messa a terra schermo (Profondità 1,2 m, Distanza fasi +10cm)

Ramo	da:	a:	Potenza reale	Potenza apparente nominale	Lunghezza a linea	Formazione cavo cavo MT	Corrente nominale	Portata cavo (declassata)	CdT	R'	R0
			kW-ac	kVA	m		lb		%	m	m
R-PowerC	POWER-C	MTR	55.034,4	72.100,0	1600	6x3x(1x240)	1.387,57	1504,8	1,06	4,877	4,714

Le buche raggiungono l'obiettivo di qualità a 5 metri dall'asse di interrimento della linea mentre a quota di calpestio si avranno induzioni massime pari a $16 \mu\text{T}$, verranno comunque realizzate in luoghi dove non vi è permanenza di persone superiore alle 4 ore.



Fascia rispetto DPA connessione SSE (nessuna interferenza)

7 Caratteristica dei principali materiali

I principali materiali utilizzati per la realizzazione dei cavidotti interrati sono:

- cavi MT 30 kV;
- mini cavo fibra ottica
- mini tubo in polietilene ad alta densità (PEAD)
- tubazioni in pvc flessibile
- corda di rame
- giunti per cavi MT
- terminali per cavi MT
- cavo AT 150 kV

7.1 Cavi MT

Saranno utilizzati cavi MT per la distribuzione interrata dell'energia in MT a tensione 18/30 kV del tipo ARP1H5(AR)E – P Laser – Air Bag o similari.

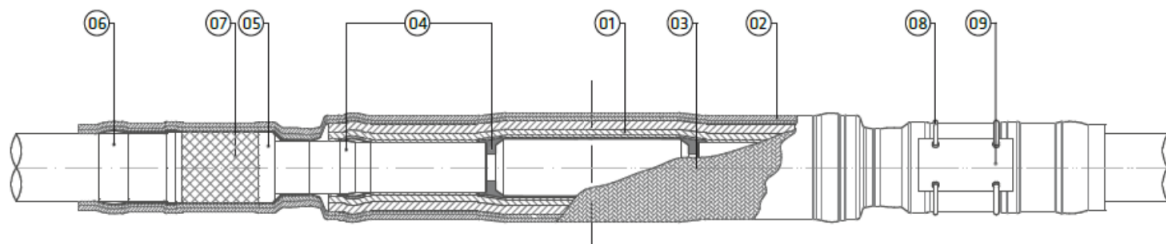
I cavi avranno le seguenti principali caratteristiche

- I. Norme di riferimento: HD 620 per quanto riguarda l'isolante e IEC 60502-2 per tutte le altre caratteristiche
- II. Anima: conduttore a corda rotonda compatta di alluminio
- III. Semiconduttivo interno: miscela estrusa
- IV. Isolante: miscela in elastomero termoplastico (qualità HPTE)
- V. Semiconduttivo esterno: miscela estrusa
- VI. Rivestimento protettivo: nastro semiconduttore igroespandente
- VII. Schermatura: Nastro in alluminio avvolto a cilindro longitudinale
- VIII. Protezione meccanica: Materiale polimerico (Air Bag)
- IX. Guaina: polietilene colore rosso, qualità DMP 2
- X. Marcatura: Prysmian ARP1H5(AR)E <18/30 kV> <sezione> <anno>
- XI. Temperature di esercizio: 90°C - 105°C

La protezione meccanica rende i cavi adatti alla posa diretta senza bisogno di protezione meccanica aggiuntiva. I cavi utilizzati saranno tripolari ad elica visibile per sezioni sino a 95 mmq, unipolari negli altri casi a formare terne posate a trifoglio.

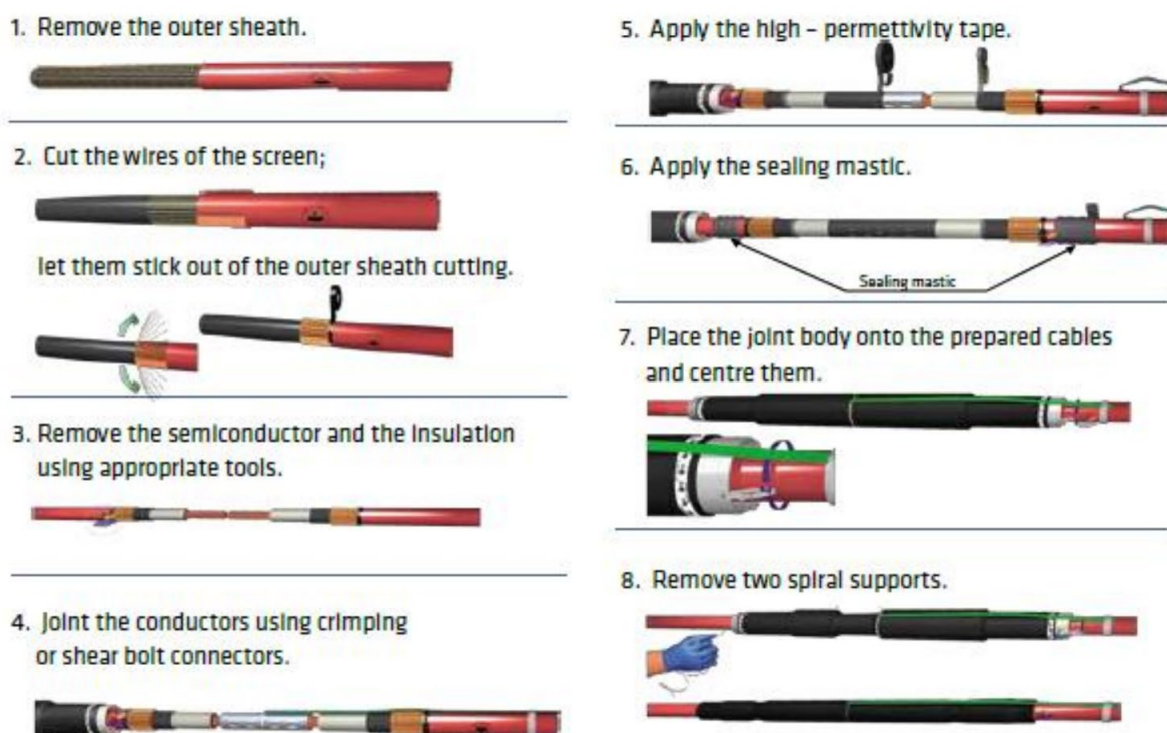
7.2 Giunti cavi MT

I giunti dei cavi MT saranno realizzati con guaine autorestringenti montate in fabbrica su tubo di supporto, che assicurano la ricostruzione dell'isolamento e della protezione meccanica, e il mantenimento delle caratteristiche elettriche del cavo. Il giunto sarà del tipo Prysmian Ecospeed o similare. Di seguito si riporta uno schema descrittivo del prodotto estratto dal catalogo del produttore.



Pos.	Descrizione	Pos.	Descrizione
1	Manica a tre strati	6	Nastro in mastice auto sigillante
2	Guaina a due strati	7	Nastro in rame in rilievo
3	Rete in rame	8	Striscia in pvc
4	Nastro ad alta permittività	9	Etichetta di identificazione
5	Nastro in pvc		

Si riporta, sempre dal catalogo del costruttore una descrizione grafica della procedura di esecuzione del giunto:



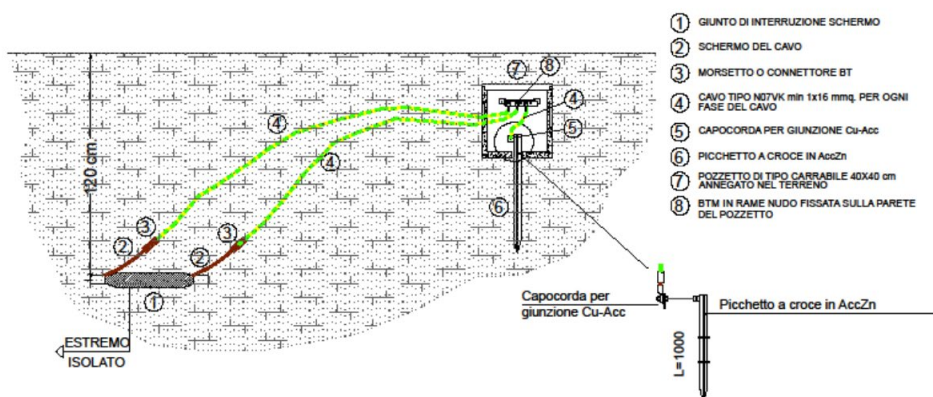
Eseguito il giunto sarà posto in opera un “ball-marker” passivo non deteriorabile interrato con codice di riconoscimento a cui si assoceranno le informazioni relative al giunto. Inoltre il giunto, prima del rinterro, sarà coperto con una protezione meccanica da realizzare con tegoli in pvc o in cav e un letto di sabbia in cui annegare il giunto di almeno 20 cm.

Infine la posizione dei giunti sarà individuata su cartografia in scala 1:5000, sulla quale saranno riportate le coordinate WGS84 di ciascuno di essi.

Nei cavidotti di collegamento alla SSE, (lunghezza massima 6 km circa), superati i 3 chilometri ogni, in corrispondenza della posizione dei giunti dei cavi MT, verrà eseguita la messa a terra dello schermo dei cavi secondo lo schema riportato in figura. Ovviamente la messa a terra degli schermi dei cavi sarà

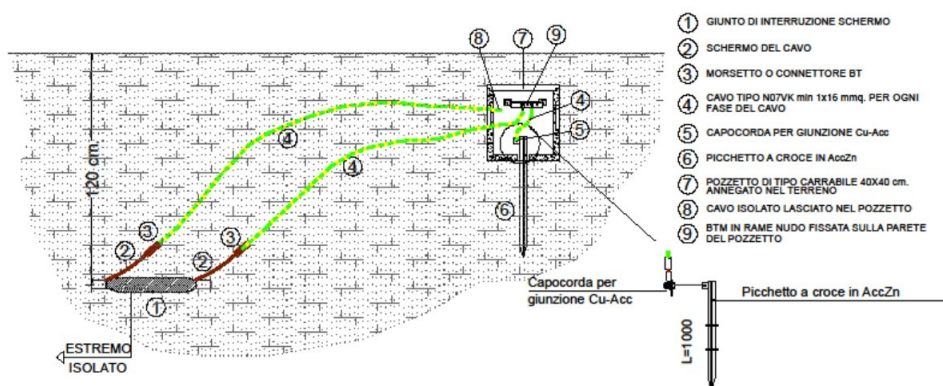
eseguita per tutte le fasi della terna di cavi (3 giunti per ogni buca).

GIUNTO TERRA-SCHERMO



Inoltre in corrispondenza dell'ultimo giunto prima della SSE, di ogni linea MT, verrà eseguito l'interruzione dello schermo dei cavi come in figura seguente.

GIUNTO DI INTERRUZIONE SCHERMO



Per tutti gli altri tratti di cavidotto la messa a terra degli schermi sarà eseguita solo sui terminali, dal momento che i tratti sono molto brevi (lunghezza < 3 km). In pratica lo schermo dei cavi sarà collegato al collettore di terra di ciascuna cabina di trasformazione nel quadro MT ove si attestano i cavi.

Inoltre in corrispondenza di ogni buca giunti, per le terne di cavi unipolari non avvolti ad elica visibile sarà eseguita la trasposizione delle fasi. La messa a terra degli schermi unitamente alla trasposizione delle fasi permette di annullare di fatto la corrente indotta negli schermi dei cavi. Questo in base alle seguenti considerazioni:

1. Per attribuire ad ogni fase la stessa reattanza i conduttori devono essere disposti ai vertici di un triangolo equilatero ed in tal caso non c'è bisogno di ruotare ciclicamente i conduttori, sia che si tratti di corde di linee aeree che di cavi unipolari interrati. Se le corde od i cavi unipolari non sono a disposizione equilatera (come nel caso in esame, in cui difficilmente potrà essere rispettata la disposizione a trifoglio) si deve effettuare la rotazione in modo che mediamente ogni conduttore venga a trovarsi nella stessa posizione rispetto agli altri due.
2. Gli schermi se messi a terra permettono di abbassare la reattanza d'esercizio del cavo. Contemporaneamente però si aumenta la resistenza apparente di fase, quindi le perdite di potenza a parità di corrente trasportata, a causa delle perdite dovute alle correnti indotte negli schermi. Per ridurre tali correnti in linee lunghe, indipendentemente dalla disposizione dei cavi,

si tagliano gli schermi e si ricorre alla rotazione dei collegamenti, o trasposizione. In ogni schermo in tal modo sono indotte correnti dalle correnti di tutte e tre le fasi e non di una sola, come con lo schermo integro, e poiché la somma delle correnti di fase è nulla, anche la totale corrente indotta in ciascuno schermo è nulla.

Inoltre la trasposizione delle fasi permette di minimizzare l'induzione magnetica già a breve distanza dall'asse della linea: infatti i campi di induzione prodotti dalle diverse fasi tendono a cancellarsi ad una certa distanza, in modo più marcato di quanto non avvenga in un elettrodotto posato a trifoglio.

7.3 Terminali cavi MT

Per il collegamento dei cavi MT ai quadri posizionati in cabina di trasformazione e in SSE saranno realizzati dei terminali unipolari da interno con isolamento estruso siliconico, tensione nominale di isolamento verso terra 18 kV, fase – fase 30 kV, tensione massima di isolamento 36 kV, da realizzare con guaine autorestringenti, montate in fabbrica su tubo di supporto, inserite a freddo, conformi alla norma CENELEC HD 629.1 S1, che assicureranno la ricostruzione dell'isolamento e della protezione meccanica, e il mantenimento delle caratteristiche elettriche del cavo. Il terminale sarà realizzato secondo le indicazioni fornite dal costruttore dell'accessorio, completo di capicorda in rame o alluminio crimpato a punzonatura profonda o meccanico con viti a rottura prestabilita.

7.4 Cavi AT

Per la connessione della SSE di trasformazione MT/AT alla SE Terna sarà utilizzato un cavo AT anche esso interrato che correrà lungo un percorso di 245 m circa, su terreni agricoli o su strade vicinali non asfaltate.

Il cavo avrà le seguenti principali caratteristiche tecniche:

- Conduttore: Alluminio
- Isolamento: XLPE
- Guaina: Alluminio termofuso
- Diametro conduttore 48,9 mmq
- Sezione del conduttore: 1600 mmq
- Spessore del semiconduttore interno: 2 mm
- Spessore medio isolante: 15,8 mm
- Spessore del semiconduttore esterno: 1,3 mm
- Spessore guaina metallica (circa): 0,6 mm
- Spessore guaina: 4 mm
- Diametro esterno nominale: 100 mm
- Sezione schermo: 180 mmq
- Peso approssimativo: 10 kg/m
- Massima tensione di funzionamento: 170 kV
- Messa a terra degli schermi – posa a trifoglio o posa in piano
- Portata di corrente posa a trifoglio, cavi interrati a 30°C: 970 A
- Portata di corrente posa in piano, cavi interrati a 30°C: 1050 A
- Massima elettrica del conduttore a 20°C in c.c.: 0,019 Ohm/km
- Capacità nominale: 0,3 microF/km
- Corrente ammissibile di corto circuito: 20 kA

Tensione operativa 150 kV

La terna di cavi sarà posata all'interno di una trincea avente profondità di 1,5 m. I cavi saranno posati su letto di sabbia e completamente annegati essi stessi nella sabbia.

Data la brevità del percorso non sono previsti giunti intermedi.

I terminali saranno realizzati con schermi messi a terra da entrambi i lati (SSE e SE Terna)

7.5 Cavi Fibra Ottica

Sarà utilizzato mini cavo fibra ottica per installazione all'interno di mini tubi, con la tecnica del soffiaggio, costituito da 24 fibre ottiche monomodali suddivise in due tubetti (12x2). Di seguito si riportano le caratteristiche del mini cavo in Fibra ottica in accordo alle raccomandazioni della normativa internazionale (ITU-T G.652, tipo D9).

Per quanto attiene alle caratteristiche meccaniche le principali sono le seguenti.

- Massima resistenza alla trazione: 1.000 N
- Minimo raggio di curvatura: 130 mm
- Temperatura di esercizio: -30°C – 60°C

La luce generata dal Led o dal Laser che attraversa una fibra ottica risente delle irregolarità e imperfezioni del supporto che diventano potenziali fonti di perdita segnale con conseguente decadimento delle performance. La criticità è comprensibile se pensiamo che le dimensioni del “capello” sono 250 micron e mentre è di 50 o 9 micron il core attraversato dalla luce. E' evidente pertanto l'importanza delle operazioni di giunzione e di inserimento del connettore alla terminazione del cavo. Nell'opera in esame è previsto che la giunzione avvenga a fusione (giunzione a caldo) da effettuare con apposita macchina giuntatrice, che permette di allineare con precisione due segmenti di fibra ottica di uguale tipologia le cui estremità vengono fuse e quindi saldate insieme usando un arco elettrico. La giuntatrice permette di verificare anche il corretto funzionamento dei giunti, che permettono la trasmissione della luce da una fibra all'altra con una perdita molto basse (tipicamente non superiore a 0,1 dB).

7.6 Mini tubi in polietilene ad alta densità per posa cavi fibra ottica

I minitubi per la posa dei minicavi in fibra ottica sono ottenuti per estrusione di polietilene ad alta densità (HDPE o PEAD in italiano), e risultano idonei per la posa con la tecnica del “blowing” (soffiaggio ad aria compressa). Essi possono essere utilizzati sia singolarmente che in configurazione multipla (“Strutture” di minitubi) per facilitarne la posa simultanea. E' prevista la posa di un minitubo con diametro interno di 12 mm e spessore 2 mm, diametro esterno 16 mm idoneo per la posa di minicavi fino a 144 o 288 fibre ottiche, posato direttamente in trincea. Per facilitare la posa di pezzature lunghe l'attrito con il minicavo viene minimizzato tramite idonee rigature sulla superficie interna (a diretto contatto con il cavo).

- Il singolo minitubo viene prodotto in vari colori per facilitarne l'identificazione all'interno della struttura. Nel caso in esame si preferirà l'utilizzo di colore verde o blu al fine di facilitare l'individuazione nella trincea, nella quale sono posati anche i cavi MT di colore rosso. I minitubi sono marchiati tipicamente con i seguenti dati:

Identificazione del fabbricante

- Caratteristiche della struttura
- Materia prima
- Tracciabilità linea data
- Metratura progressiva

Il trasporto e la posa dei minitubi dovrà avvenire con temperature esterne comprese fra i - 10°C e +50°C: al di sotto dei -10°C il materiale diviene fragile aumentando il rischio di rottura sotto sforzo (trazione e impatto).

Durante la posa la parete interna dei minitubi sarà mantenuta pulita ed asciutta allo scopo di evitare contaminazioni che potrebbero provocare un incremento del coefficiente di attrito minitubo/ minicavo con conseguente riduzione della distanza di posa del minicavo stesso.

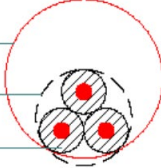
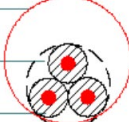
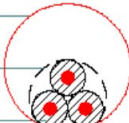
I minitubi sono giuntati tra loro tramite appositi elementi di giunzione a tenuta di pressione, rimovibili

ed eventualmente riutilizzabili con resistenza tipica alla trazione di 700 N

7.7 Tubazione in pvc flessibile

In corrispondenza di alcune interferenze ed in tutte le eventuali TOC il cavo MT potrà essere posato all'interno di tubazioni in pvc flessibile a doppia parete corrugato esternamente, internamente liscio con resistenza allo schiacciamento di 750 N, giuntabile con manicotto, completo di cavo tirasonda, conforme alle norme IMQ e CE EN 50086-2-4/A1. Il diametro della tubazione sarà pari ad 1,5 volte il diametro del cerchio che racchiude idealmente il gruppo di cavi. Nel caso in esame avremo:

- Tubazioni in pvc flessibile diametro 200 mm per posa di terne di cavi da 500 mmq;
- Tubazioni in pvc flessibile diametro 160 mm per posa di terne cavi sino a 300 mmq;
- Tubazioni in pvc flessibile diametro 110 mm per posa singolo cavo da 500 mmq.

VERIFICA DIMENSIONI TUBAZIONI IN PVC flex Serie PESANTE	
<p>TUBO PVC Ø200 mm</p> <p>CERCHIO CIRCOSCRITTO A TERNA MT Ø120 mm ca.</p> <p>CAVI MT AIRBAG 500mmq Ø56 mm</p>	 <p>DIAMETRO TUBO PVC > 1,5 x DIAMETRO CERCHIO CIRCOSCRITTO $1,5 \times 120 = 180 < 200 \text{ mm}$</p>
<p>TUBO PVC Ø160 mm</p> <p>CERCHIO CIRCOSCRITTO A TERNA MT Ø106 mm ca.</p> <p>CAVI MT AIRBAG 300mmq Ø49 mm</p>	 <p>DIAMETRO TUBO PVC > 1,5 x DIAMETRO CERCHIO CIRCOSCRITTO $1,5 \times 106 = 159 < 160 \text{ mm}$</p>
<p>TUBO PVC Ø160 mm</p> <p>CERCHIO CIRCOSCRITTO A TERNA MT Ø97 mm ca.</p> <p>CAVI MT AIRBAG 240mmq Ø45 mm</p>	 <p>DIAMETRO TUBO PVC > 1,5 x DIAMETRO CERCHIO CIRCOSCRITTO $1,5 \times 97 = 145,5 < 160 \text{ mm}$</p>

7.8 Corda di rame

Per il collegamento tra gli impianti di terra dei singoli aerogeneratori sarà utilizzata una corda nuda di rame della sezione di 50 mmq a 7 fili elementari, posata, ad intimo contatto del terreno, all'interno delle stesse trincee utilizzate per i cavidotti MT e F.O. In corrispondenza di eventuali TOC la corda di rame sarà infilata nelle stesse tubazioni utilizzate per i cavi.

8 PERCORSO DEL CAVIDOTTO

Il percorso del cavidotto interessa in gran parte strade interpoderali non asfaltate pubbliche e private, oltre a tratti su terreni agricoli. Si avranno solo brevi tratti su Strade Provinciali.

Il cavidotto correrà lungo uno dei lati della strada provinciale “in fiancheggiamento” e laddove possibile il cavidotto sarà realizzato in banchina evitando in tal modo di interessare il tratto asfaltato.

Il cavidotto sarà quasi esclusivamente in trincea a cielo aperto. Le Trivellazioni Orizzontali Controllate (TOC) saranno realizzate in corrispondenza di eventuali interferenze con altri sotto servizi (condotto idriche AQP e del Consorzio di Bonifica, tubazioni gas, reti dati, altre reti elettriche, reti di

telecomunicazione).

I punti di interferenza e le modalità tecniche di attraversamento potranno essere definite soltanto in fase esecutiva, una volta che copia del progetto sia pervenuta ad società ed enti proprietari e/o gestori dei sotto servizi, e questi avranno indicato le modalità di attraversamento nei punti di interferenza.

Dal punto di vista amministrativo il cavidotto interessa i comuni di Favara e Agrigento.

9 MODALITA' E TIPOLOGIA DI SCAVI

Gli scavi saranno realizzati con l'ausilio di idonei mezzi meccanici:

- escavatori per gli scavi a sezione obbligata e a sezione ampia
- pale meccaniche per scoticamento superficiale
- trencher a disco o ancora escavatori per gli scavi a sezione ristretta (trincee)
- macchine perforatrici per la trivellazione orizzontale controllata

Dagli scavi è previsto il rinvenimento delle seguenti materie:

- terreno vegetale, proveniente dagli strati superiori, per una profondità variabile che può comunque raggiungere anche 1,2 m
- sabbie limose per gli strati sottostanti il terreno vegetale

9.1 Trincee a cielo aperto

Per la posa a cielo aperto è prevista la realizzazione di trincee per la posa dei cavi aventi larghezza di 50 cm e profondità di 1,2 m. I cavi utilizzati del tipo "airbag" permetteranno la posa direttamente interrata e inoltre permetteranno di non utilizzare la sabbia per offrire la protezione meccanica intorno al cavo, sarà sufficiente che in corrispondenza dei cavi il rinterro sia effettuato con materiale vagliato (esente da pietre di grosse dimensioni) rinvenente dagli scavi stessi. E' questo un evidente vantaggio perché eviterà i costi di fornitura e posa della sabbia e i costi di allontanamento del cantiere del materiale "sostituito" dalla sabbia. Lo scavo sarà realizzato con mezzi meccanici (escavatori), o trencher a disco. Per quanto attiene la gestione del materiale proveniente dagli scavi degli strati più superficiali, questa dipende dal terreno su cui viene effettuato lo scavo, ovvero:

- terreno vegetale;
- strade non asfaltate;

strade asfaltate.

9.2 Scavo su terreno vegetale

Nel caso di terreno vegetale questo viene momentaneamente separato dal resto del materiale scavato, accantonato nei pressi dello scavo e riutilizzato per il rinterro nella parte finale, allo scopo di ristabilire le condizioni ex ante. Anche il restante materiale rinvenente dagli scavi sarà, depositato momentaneamente a bordo scavo ma comunque tenuto separato dal terreno vegetale. E' possibile qualora non ci siano gli spazi o le condizioni di sicurezza che il deposito momentaneo avvenga in altre aree, ma sempre nell'ambito del cantiere, ed in ogni caso il materiale sarò riutilizzato per il rinterro delle trincee di cavidotto.

9.3 Scavo su strade non asfaltate

Nel caso di strade non asfaltate la parte superficiale finisce per essere indistinta da quella degli strati più profondi e comunque riutilizzate per il rinterro. Il materiale rinvenente dagli scavi sarà momentaneamente depositato a bordo scavo in attesa del rinterro, o comunque depositato nell'ambito del cantiere, per poi essere utilizzato per il rinterro.

9.4 Scavo su strade asfaltate

Nel caso di strade asfaltate sarà effettuato preliminarmente il taglio delle sede stradale, ed il materiale bituminoso risultante, tipicamente uno strato di circa 10 cm, sarà trasportato a rifiuto. Tale materiale, classificato quale rifiuto, consta sostanzialmente di rifiuto solido costituito da bitume e inerte, proveniente dalla rottura a freddo del manto stradale. Il codice del rifiuto potrà essere nella fattispecie 17 03 01* (rifiuto pericoloso costituito da miscele bituminose contenenti catrame di carbone) e 17 03 02 (rifiuto non pericoloso, miscele bituminose diverse da quelle di cui alla voce 17 03 01*). La tipologia specifica del rifiuto verrà definita a seguito di caratterizzazione.

Eliminato il materiale bituminoso, il restante materiale proveniente dallo scavo (sabbie argillose) sarà momentaneamente accantonato possibilmente a margine dello scavo stesso, e comunque nell'ambito dell'area di cantiere, quindi terminata la posa dei cavi riutilizzato per il rinterro nello stesso sito.

9.5 Nastro segnalatore

Durante il rinterro ad una distanza di circa 30 cm al di sopra dei cavi si poserà il nastro segnalatore con colorazione a bande rosse e bianche o di colore rosso, con la dicitura "ATTENZIONE CAVI ELETTRICI INTERRATI", lungo tutto lo sviluppo longitudinale della trincea a cielo aperto

9.6 Trivellazione orizzontale controllata (TOC)

In fase di progetto esecutivo sarà condotta una analisi preliminare del sito con lo scopo di definire i tratti in cui avverranno gli attraversamenti in TOC in relazione alla presenza di interferenze con altri sotto servizi e interferenze in genere. **Ad ogni modo sarà cura della ditta che realizzerà l'opera effettuare ulteriori indagini presso tutti enti che potrebbero essere proprietari di sotto servizi interferenti (Consorzi di Bonifica, ENEL, Telecom, Società Telefoniche, Società del Gas, Enti proprietari dell'Acquedotto), ovvero verificare la presenza di particolari interferenze.**

La posa con la tecnica TOC (Trivellazione Orizzontale Controllata) sarà eseguita con apposito macchinario perforatore e apparecchiature di guida e controllo, seguendo il tracciato planimetrico e le quote di progetto. La TOC sarà realizzata con la tecnica denominata Dry Directional Drilling, ovvero con l'uso di perforatrici che utilizzano come fluido di perforazione l'aria compressa a bassa pressione che permette la circolazione del detrito, il raffreddamento e la contemporanea alimentazione degli utensili di fondo foro. Effettuato il foro pilota l'alesaggio potrà essere eseguito anche più volte fino al raggiungimento del diametro del foro previsto. Il pull-back (tiro) sarà effettuato su tubazioni (diametro 160-200 mm a seconda della sezione dei cavi), in cui successivamente saranno inseriti i cavi. In tal modo si costituiranno delle vie cavo realizzate con tubazioni in pvc flessibile serie pesante (750 N di resistenza allo schiacciamento) in cui successivamente verranno infilati i cavi MT, il mini tubo per la fibra ottica, e dove presente la corda di rame per la rete di terra del parco fotovoltaico.

Si prevede un angolo "di attacco" per la realizzazione del foro pilota di circa 16°.

Trattandosi di una tecnica "a secco" non saranno utilizzati fanghi di perforazione con bentonite, con i conseguenti problemi di trasporto a rifiuto.

La perforazione con tecnica TOC prevede preliminarmente la realizzazione di vasche di perforazione (nel punto di partenza e nel punto di arrivo) che avranno lunghezza di 2,5 m, larghezza di 2 m e profondità variabile compresa tra 1,0-1,5 m. Le modalità di scavo delle vasche sarà del tutto analoga a quella seguita per le trincee di cavidotto. Qualora nella realizzazione della vasca si dovesse trovare del materiale incoerente dovrà essere messa opportunamente in sicurezza, con apposite sbadacchiature.

Lo scavo delle vasche sarà realizzato con mezzi meccanici (escavatori). Qualora lo scavo interessi strade asfaltate sarà effettuato preliminarmente il taglio della sede stradale, ed il materiale bituminoso

risultante sarà trasportato a rifiuto. Il restante materiale proveniente dallo scavo sarà momentaneamente accantonato possibilmente a margine dello scavo stesso, e comunque nell'ambito dell'area di cantiere, quindi terminata la posa dei cavi riutilizzato per il rinterro nello stesso sito.

10 RIPRISTINI

10.1 Ripristini su terreno vegetale

Durante lo scavo su terreno vegetale si avrà l'accortezza in fase di scavo di separare il terreno vegetale (strato superficiale, di spessore variabile), dal resto del materiale rinveniente dagli scavi (sabbie limose). In fase di rinterro si avrà cura di utilizzare materiale vagliato rinveniente dagli stessi scavi esente da pietre di grosse dimensioni per gli strati più profondi intorno ai cavi, utilizzando se necessario dei setacci. Il terreno vegetale sarà invece utilizzato nel rinterro degli strati superficiali stendendolo in modo tale da non alterare la morfologia superficiale del terreno stesso.

10.2 Ripristini su strade non asfaltate

Il ripristino delle strade non asfaltate sarà di fatto analogo al ripristino su terreno vegetale. Anche in questo caso si avrà cura in fase di scavo di separare il misto stabilizzato degli strati superficiali dal resto, in modo da poterlo riutilizzare al meglio nella fase di rinterro, allo scopo di ristabilire la condizione ex ante. Durante il rinterro sarà effettuata una costipazione a strati di spessore 20-30 cm.

10.3 Ripristini su strade asfaltate

Il ripristino dei tratti asfaltati avverrà invece secondo le seguenti modalità:

1. Ripristino con materiale vagliato rinveniente dagli scavi sino ad una quota di 20 cm dal piano stradale finito, durante il rinterro si provvederà alla compattazione del materiale per strati non superiori a 20-30 cm;
2. Compattazione finale;
3. Posa di uno strato di fondazione stradale in calcestruzzo dello spessore di 10 cm;
4. Posa di conglomerato bituminoso per strato di collegamento (binder) dello spessore di altri 10 cm, sino al piano stradale;
5. Il ripristino così effettuato sarà tenuto "sotto traffico" per almeno 30 giorni, durante questo periodo il tratto stradale oggetto di ripristino sarà mantenuto costantemente sotto controllo e si interverrà tempestivamente per la sistemazione di buche e tratti che subiranno deformazioni. La sistemazione consisterà nell'asportazione degli strati superficiali (quelli in cemento e binder), nuova compattazione con eventuale aggiunta di materiale secco (pietrame di idonea pezzatura per sottofondi stradali), nuova posa degli strati di cemento (10 cm) e binder (10 cm) nei tratti oggetto di sistemazione.
6. Trascorso tale periodo, sarà effettuato prima la fresatura del manto bituminoso per uno spessore di 3 cm e quindi la stesa di un nuovo tappetino. Nel caso di trincee la fresatura e la stesa del tappetino interesserà mezza carreggiata, nel caso di vasche per TOC l'intera carreggiata per una lunghezza di 2,5 m circa.

I lavori su strade pubbliche dovranno compiersi in maniera da arrecare il minimo disturbo possibile al traffico, appena posato il cavo si dovrà subito chiudere la sezione della trincea, in modo da consentire la ripresa del transito.

11 INTERFERENZE ED ATTRAVERSAMENTI LINEE TLC INTERRATE

Sebbene al momento no siano state individuate è' possibile che esistano delle interferenze con reti di telecomunicazioni interrate, tipicamente di proprietà TELECOM S.p.a., FASTWEB S.p.a. Vodafone S.p.a. Come detto in fase di autorizzazione del progetto sarà verificata l'effettiva esistenza di tali interferenze, e la società che gestisce le linee darà precise e puntuali indicazioni sulle modalità tecniche di superamento dell'interferenza.

In linea generale si prevedono le seguenti modalità, in caso di intersezioni:

- In sottopasso a cielo aperto, a -50 cm dalla generatrice inferiore della tubazione esistente
- In tubazione (diametro 200 mm), annegata in bauletto in cls da realizzare in opera.

In caso di parallelismi il cavo sarà posato ad una distanza minima di 50 cm dai cavi di telecomunicazione. Tale distanza è misurata sulla proiezione orizzontale della linea di posa dei cavi.

12 Conclusioni

Alla luce dei calcoli eseguiti, non si riscontrano particolari problematiche relative all'impatto elettromagnetico generato dalle linee e cabine/stazioni elettriche, infatti:

- i moduli fotovoltaici non generano campi variabili nel tempo, di conseguenza non sono applicabili le prescrizioni del D.P.C.M. 8 luglio 2003;
- gli inverter presentano le certificazioni necessarie a garantirne sia l'immunità dai disturbi elettromagnetici esterni, sia le ridotte emissioni per minimizzarne l'interferenza elettromagnetica con altre apparecchiature elettroniche posizionate nelle vicinanze o con la rete elettrica stessa (via cavo).
- le DPA delle cabine MT/BT rientrano nei confini di pertinenza dell'impianto fotovoltaico;
- per quanto riguarda le linee MT, l'utilizzo di cavi avvolti tripolari ad elica visibile e la profondità di posa prevista, consentono di ridurre l'induzione magnetica a livello del suolo lungo l'asse della linea a valori inferiori all'obiettivo di qualità di $3\mu\text{T}$ già a distanza di 1 metro.

Ciò nonostante, a lavori ultimati si potranno eseguire delle prove sul campo che dimostrino l'esattezza dei calcoli e delle assunzioni fatte.

I Tecnici
Ing Francesco Mollame
Ing Paolo Lo Biundo