



REGIONE LAZIO  
COMUNE DI CISTERNA DI LATINA  
PROVINCIA DI LATINA



## Istanza di Valutazione di Impatto Ambientale

ai sensi degli Artt. 23, 24 e 25 del D.Lgs. 152/2006

**PROGETTO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO  
DENOMINATO "PASCOLI VERDI",  
DI POTENZA DI PICCO PARI A 60,594 MW<sub>p</sub> E POTENZA  
NETTA IMMESSA IN RETE PARI A 60 MW, INTEGRATO  
CON UN SISTEMA DI ACCUMULO DI POTENZA PARI A CIRCA  
25,52 MW DA REALIZZARSI NEL COMUNE DI  
CISTERNA DI LATINA (LT)**

Nome Elaborato

**Relazione sugli impatti elettromagnetici - impianto  
agrivoltaico**

Societa' committente:  
HERGO RENEWABLES S.p.A.

Progettista: Ing. Gianpiero Tombolillo



Soc. HERGO RENEWABLES SpA  
Via Privata Maria Teresa, 8  
20123 Milano  
P.IVA 10416260965



Codice	Scala				
Revisione	Data	Descrizione	Eseguito	Verificato	Approvato
REL2.12	varie				
0	Aprile 2024		G. Serafinelli	A. Guida/M. Mescia	G. Tombolillo

# Indice

<b>1. Scopo del documento</b> .....	3
<b>2. Descrizione dell’Impianto Agrivoltaico e delle Opere di connessione alla RTN</b> .....	4
2.1 Caratteristiche generali .....	4
2.2 Generatore Fotovoltaico.....	5
2.3 Power Station e Unità BEES .....	7
2.4 Dimensionamento elettrico di impianto.....	8
2.4.1 Stringhe, sottocampi, isole .....	8
2.4.2 Quadri AC BT / CC BUS .....	9
2.4.3 Cavi elettrici, Connettori, Etichette .....	10
2.4.4 Sistema di messa a terra e Protezione da fulminazione .....	14
2.5 Cavidotto 36 kV di connessione impianto .....	15
2.5.1 Descrizione generale .....	15
<b>3. Impatto Elettromagnetico</b> .....	21
3.1 Riferimenti Normativi.....	21
3.2 Fascia di Rispetto e DPA.....	24
3.2.1 Trascurabilità del campo elettrico.....	25
3.2.2 Modello di calcolo .....	26
3.3 Stato “post-operam”: analisi CEM .....	30

## 1. Scopo del documento

La presente relazione ha come oggetto la valutazione degli impatti elettromagnetici relativi alle infrastrutture elettriche dell'Impianto agrivoltaico della Hergo Renewables SpA, da realizzarsi in Cisterna di Latina (LT) denominato "Pascoli Verdi".

Sono prese in esame le diverse sezioni dell'Impianto:

1. Power Station e Unità BEES (inverter, unità di accumulo elettrochimico, quadri/sezionatori, trasformatori BT/MT);
2. Cavidotti 20 kV ÷ 36 kV interrati di impianto;
3. Cavidotto interrato di connessione 36 kV.

Per la valutazione degli impatti elettromagnetici della nuova Stazione elettrica 150kV / 36kV e degli associati raccordi AT si rimanda alla Relazione specifica.

## 2. Descrizione dell'Impianto Agrivoltaico e delle Opere di connessione alla RTN

### 2.1 Caratteristiche generali

Nella sezione di produzione di energia elettrica si individuano i seguenti elementi funzionali / unità fondamentali:

- generatore fotovoltaico, costituito dall'insieme dei moduli fotovoltaici che producono energia elettrica in regime continuo ed a bassa tensione;
- strutture di sostegno dei moduli fotovoltaici e cavi in bassa tensione di collegamento;
- n.15 Power Station in cui avviene la conversione dell'energia elettrica da regime continuo in bassa tensione a regime alternato prima BT e poi MT, in cui sono alloggiati: i quadri sezionatori DC, gli inverter, i sistemi di protezione e controllo locali, i trasformatori e i quadri BT per i servizi ausiliari, i quadri MT e i trasformatori BT / MT (0,64 kV / 36 kV);
- cavidotti interrati "di impianto".

I moduli fotovoltaici costituenti il generatore fotovoltaico saranno installati su tracker monoassiali (inseguitori solari allineati in direzione "nord-sud" capaci di ruotare in direzione "est-ovest", consentendo pertanto ai pannelli di "seguire" il sole lungo il suo moto apparente diurno).

La distanza (pitch) in direzione est-ovest tra i pali di sostegno dei tracker sarà pari a circa 5,5m ( $\pm 0,5$ m).

I tracker sono realizzati con profilati metallici in acciaio zincato su cui vengono fissati i pannelli fotovoltaici, rigidamente collegati ad una trave metallica centrale mossa da un piccolo motore elettrico che consente la rotazione; la struttura è ancorata al terreno mediante pali metallici semplicemente infissi nel terreno.

Al fine di ottenere per la potenza elettrica in uscita dal Generatore fotovoltaico (in corrente continua) valori di tensione/corrente/potenza compatibili con le

caratteristiche degli Inverter, i diversi moduli sono collegati in serie (“stringhe”) ed in parallelo (“sottocampi”).

## 2.2 Generatore Fotovoltaico

Il Generatore fotovoltaico si compone di 87.186 moduli fotovoltaici di marca Canadian Solar, ciascuno di potenza elettrica di picco in condizioni standard pari a 695 Wp, per un totale di circa 270.830 mq di superficie captante, ed una potenza complessiva del generatore fotovoltaico, intesa come somma delle potenze di targa o nominali di ciascun modulo misurata in condizioni standard, pari a circa **60.594,3 kWp** (**Nota Fondamentale:** nel rispetto delle potenze “complessiva lorda” e “netta immessa in rete” dichiarate nel presente progetto, vista la rapida evoluzione della tecnologia fotovoltaica, Hergo Renewables SpA potrà utilizzare anche moduli fotovoltaici dello stesso produttore ma di potenza unitaria diversa, ovvero moduli fotovoltaici di primari produttori mondiali diversi dalla Canadian Solar).

Di seguito riportiamo i dati tecnici dei moduli fotovoltaici utilizzati riferiti alle condizioni ambientali standard:

### 1. dati generali

- Marca: Canadian Solar (o equivalente)
- Modello: CS7N-TB-AG

### 2. caratteristiche elettriche

- Tipo di pannello: silicio monocristallino
- Potenza massima: 695 Wp
- Efficienza di modulo: 22,4%

### 3. caratteristiche dimensionali

- Dimensioni: 2.384 mm x 1.303 mm x 33 mm

### 4. altre caratteristiche

- Tolleranza positiva: 0/+5W

- Garanzia lineare delle prestazioni. Minimo 98% della potenza iniziale dopo un anno e almeno 85% della potenza nominale dopo 25 anni
- Compatibilità con sistemi CC a 1500V
- Fattore di riempimento: 0.8
- Temperatura di esercizio. I moduli fotovoltaici operano all'interno di temperature estreme di -40°C e +85°C
- Umidità. I moduli fotovoltaici operano con un range di umidità che va dal 15% al 95%

Le celle e i moduli saranno testati e certificati in accordo con le relative norme IEC e i migliori enti internazionali:

- ISO 9001:2008: Design, Production and Sales of Crystalline Silicon Wafers, cells and Photovoltaic Modules.
- IEC 61215:2005: Crystalline silicon terrestrial photovoltaic (PV) modules-design qualification and type approval.
- EN 61730-1, EN 61730-2: Part 2: requirements for testing
- CE Conformity Compliance with the European Conformity Requirements
- IEC 61730 PV Modules safety qualification
- IEC 60904 Module flash test data
- IEC 61724:2002 Photovoltaic System performance monitoring- Guidelines for measurements, data exchange and analysis
- ISO 14001 Environmental Management System
- EN 50380 Datasheet and nameplate information for photovoltaic modules

## 2.3 Power Station e Unità BEES

Il sistema di conversione garantisce la trasformazione della corrente in regime continuo ed in bassa tensione, prodotta dal Generatore, nella corrente trifase in regime alternato, compatibile con la rete elettrica nazionale. E' previsto l'impiego di 15 Power Station. Le caratteristiche tecniche sono:

- i. Trasformatore elevatore in olio o in resina da 20kV÷36kV - 0,66 kV 1,000m 50Hz Dyn11yn11
- ii. 1 x MT Quadro di protezione 2L/1V 20kV÷36kV - 16kA 630A SF6 da esterno
- iii. 20kVA÷36kVA trasformatore ausiliario, alloggiato in box dedicato e munito di protezioni
- iv. Box (container) di alloggiamento prefabbricato (con struttura portante in acciaio e chiusure con pannelli metallici a doppia parete contenenti materiale isolante termo-acustico), munito di fondazione, del sistema di raffreddamento ad acqua (circuiti chiusi), dei sistemi ausiliari per il fabbricato e per la connessione degli inverter fotovoltaici ai trasformatori elevatori e di questi ai rispettivi quadri. Soluzione del tipo "plug and play".

Le Power Station saranno conformi ai seguenti standard:

- i. IEC 61727:2006 Photovoltaic (PV) Systems-Characteristics of the utility interface
- ii. IEC 62109 Safety of power converters for use in photovoltaic power systems
- iii. IEC 62116: 2008 Test procedure of islanding prevention measures for utility-interconnected photovoltaic inverters
- iv. IEC 62103:2003 Electronic equipment for use in power installations IEC 61643-11-12 Low-voltage surge protective devices
- v. EN 61000-6-1 EMC Immunity/ EN 61000-6-2 EMC Immunity

- vi. VDE-AR-N 4105 – Power Generation systems connected to the low voltage distribution network.

Gli inverter saranno certificati secondo gli standard seguenti:

- i. EMC 2004/108/EC Direttiva sulla compatibilità elettromagnetica
- ii. CE Conformity Compliance with the European Conformity Requirements
- iii. Direttiva 2004/ 108/ EC of the del parlamento europeo e del consiglio del 15 Dicembre 2004 selle approssimazioni delle leggi degli stati membri relativamente alla compatibilità elettromagnetica
- iv. Direttiva 2006/ 95/ EC del parlamento europeo e del consiglio del 12 Dicembre 2006 sull'armonizzazione delle leggi degli stati membri relativamente agli equipaggiamenti elettrici da utilizzarsi entro verti livelli di tensione.

In uscita dalle Power Station, o previa eventuale trasformazione 20kV÷36kV, l'energia elettrica prodotta avrà un livello di tensione idoneo per la connessione dell'impianto alla nuova Stazione elettrica della RTN 150kV/36kV.

L'unità BEES, di potenza pari a circa 25,52 MW, si articola in più unità containerizzate in cui sono alloggiati gli elementi di accumulo elettrochimico modulari, oltre alle apparecchiature elettriche di servizio: quadri elettrici, trasformatore BT/MT, sistema EMS.

## 2.4 Dimensionamento elettrico di impianto

### 2.4.1 *Stringhe, sottocampi, isole*

Al fine di ottenere, per la potenza elettrica in uscita dal Generatore fotovoltaico, valori di tensione/corrente/potenza compatibili con le caratteristiche degli Inverter, i diversi moduli sono collegati in serie ("**stringhe**") ed in parallelo ("**sottocampi**"), ciascuno dei quali è servito da un inverter.



Gli inverter sono collegati fra loro in “Isole”, ciascuna di esse genera corrente alternata in media tensione.

Il dimensionamento elettrico di impianto viene effettuato in base alle caratteristiche di output dei moduli fotovoltaici, alle caratteristiche di input degli inverter, ed al range di temperatura di esercizio per l’area di localizzazione.

La tensione elettrica generata dal singolo pannello è fortemente dipendente dalla temperatura, pertanto si è utilizzato un ampio margine di sicurezza dimensionando l’impianto per temperature comprese fra -10 e +50 °C. La corrente elettrica generata dal singolo pannello è invece fortemente dipendente dall’irraggiamento solare.

La compatibilità fra le stringhe e l’inverter è garantita dal rispetto delle seguenti relazioni:

- a. Max tensione di stringa a vuoto ( $T_{min}$ ) < Max tensione inverter
- b. Max tensione di stringa MPPT ( $T_{min}$ ) < Max tensione nominale inverter
- c. Min tensione di stringa MPPT ( $T_{max}$ ) > Min tensione nominale inverter.

La prima delle tre relazioni stabilisce che la tensione massima di stringa non superi mai la tensione massima ammissibile all’ingresso dell’inverter, mentre la seconda e la terza assicurano che la tensione di stringa non esca al di fuori dei limiti operativi richiesti dall’inverter per la migliore gestione della potenza estratta dal generatore fotovoltaico.

### Stringhe

I moduli fotovoltaici sono collegati in stringhe (collegamento in serie); ciascuna stringa è composta da 28 o 27 moduli in modo tale da garantire una tensione, sia nominale che a vuoto, compatibile con le caratteristiche degli inverter.

#### 2.4.2 Quadri AC BT/CC BUS

Sono previsti alcuni quadri ausiliari nell’intero Impianto. Essi saranno forniti da primari produttori internazionali.

### 2.4.3 Cavi elettrici, Connettori, Etichette

Saranno utilizzati cavi CC delle stringhe, cavi T-Harness, cavi CC BUS.

Saranno utilizzati cavi CC in rame nella configurazione 1x4mm<sup>2</sup>. Il sistema CC sarà progettato e specificato in accordo agli standards IEC 60364 e IEC 62446 in generale e IEC 60364-7-712 in particolare.

I cavi T-Harnesses verranno usati nelle derivazioni relative alle stringhe e nelle dorsali.

Per i T-Harnesses relativi alle derivazioni delle stringhe saranno usati connettori del tipo MC-4 e fusibili in linea da 10A e 1500Vcc. Per le dorsali saranno utilizzati connettori del tipo Piercing da 240mm<sup>2</sup> a 4mm<sup>2</sup> per connettere i T-Harness al BUS CC evitando interruzioni dei cavi.

Per il BUS in corrente continua saranno usati cavi in alluminio da 240mm<sup>2</sup> fino alle power station, collegando le stringhe in parallelo (fino a un massimo di 20).

Tutti i componenti in CC saranno dimensionati per un esercizio continuo in corrente continua e una tensione di 1500Vcc considerando le massime correnti di corto circuito. I componenti saranno scelti adottando un criterio di minimizzazione dei guasti a terra e dei corto circuiti.

I cavi risponderanno alle seguenti specifiche:

- Materiale: Conduttore in rame elettrolitico ricotto e stagnato, classe 5 in accordo con EN 60228 / IEC 60228.
- Isolamento: Isolamento in gomma con mescola termoplastica Halogen free
- Tensione nominale AC: 1.0kV
- Tensione massima CC: 1.8kV
- Installazione esterna
- Protezione dall'acqua
- Resistenza ai raggi UV per 30 anni di esposizione al sole
- Massima temperature ambiente 120°C

- Temperatura minima -40°C
- Cavi non propaganti l'incendio, con ridotte emissioni di fumo, gas tossici e corrosivi (IEC 60331 and IEC 60754).

Il cablaggio dei cavi in CC sarà effettuato seguendo metodi appropriati con l'obiettivo di:

- Non essere sottoposti a irraggiamento solare
- Essere sostenuti per la loro lunghezza in maniera idonea (passerelle portacavi, cavidotti ecc...)
- Non eccedere i limiti stabiliti dal produttore per i raggi di curvatura
- Essere protetti per almeno 0.5m negli entra e esci dal terreno attraverso apposite tubazioni o essendo adagiati su un letto di sabbia in caso di grandi diametri
- Essere protetti da una tubazione in PE quando interrati
- Far risultare i cavi di connessione tra le scatole di giunzione dei generatori e gli inverter interrati direttamente o attraverso condotti in PE. Cavi solari in CC saranno utilizzati per questo tipo di applicazione
- Isolamento compatibile per l'esercizio a 500 Vcc.

Tutti i cavi saranno testati sulle proprietà di seguito elencate prima di essere connessi al bus CC:

- Polarità
- Isolamento
- Tensione di stringa

### Cavi AC

Cavi di Bassa Tensione: dagli Inverters ai trasformatori; saranno usati cavi in rame per la connessione tra i principali quadri e i trasformatori.

Cavi di Media Tensione: le power station saranno connesse tra loro attraverso un cavidotto interrato. Tale connessione sarà realizzata attraverso linee in media tensione, con una tensione di esercizio di 20 kV o 36 kV, un livello di isolamento corrispondente e conduttori in alluminio con sezione di 300 mm<sup>2</sup>. La frequenza sarà di 50Hz come per tutte le apparecchiature in AC.

Le strutture di connessione saranno progettate in accordo con la massima corrente di corto circuito indicata da Terna.

La linea sarà costituita da cavi isolati con conduttore in alluminio da 3x300mm<sup>2</sup>. La connessione della linea a ogni power station sarà realizzata attraverso giunti a gomito, la linea sarà posata in trincee appositamente realizzate.

Le linee rispetteranno le seguenti prescrizioni:

- Installazione: interrata
- Sezione: 300mm<sup>2</sup>
- Materiale conduttore: alluminio
- Tensione nominale: 20 kV÷36 kV
- Tensione massima: 36 kV
- Tensione d'impulso: 170 kV

Saranno utilizzati solamente cavi isolati a secco con le seguenti caratteristiche:

- Schermo: strato di mescola semiconduttrice applicata attraverso l'estrusione
- Isolamento: gomma etilpropilenica ad alto modulo (HEPR)
- Semiconduttore esterno: strato estruso di materiale conduttore separabile a freddo.
- Schermo metallico: corona di fili conduttori di rame. Sezione totale 25mm<sup>2</sup>.
- Separatore: nastro elicoidale.
- Guaina esterna: mescola termoplastica a base di poliolefine, Z1.

Saranno rispettate le seguenti norme e specifiche:

- Utilizzo: installazione esterna

- EN 61936:2010 Power installations exceeding 1 kV a.c.
- EN 50522:2010 Earthing of power installations exceeding 1kV a.c.
- IEC 60076 Power Transformers
- IEC 62271-200 MV metal-enclosed switchgear, (replacing IEC 60298)
- IEC 60265-1 MV switches
- IEC 62271-102 AC disconnections and earthing switches, (replacing IEC 60129)
- IEC 62271-100 MV AC circuit breakers, (replacing IEC 60056)
- IEC 62271-105 MV AC switch- fuse combination
- IEC 60694 common clauses for MV switchgear Standards (replaced by IEC 62271-1)
- IEC 60529 degrees of protection procured by enclosures (IP code)
- IEC 60694 common clauses for MV switchgear Standards (replaced by IEC 62271-1)
- IEC 60 0444-1 Instrument transformers-Part 1: Current Transformers

### Cavi di Segnale

Una rete in fibra ottica sarà installata per connettere tutte le cabine all'edificio O&M. Tutte le telecamere e le apparecchiature di controllo saranno connesse alla rete in fibra ottica.

Tutti gli inseguitori solari saranno connessi attraverso una rete wireless o una rete in fibra ottica.

### Connettori

Per tutti i cavi in CC saranno utilizzati connettori MC4 originali. In accordo con il tipo di ogni cavo verranno usati morsetti in rame o bimetallici.

I connettori di isolamento piercing con lamelle in rame saranno usati per connettere i T-Harnesses al bus in CC senza interruzione del BUS in CC.

## Segnalazione

Tutte le segnalazioni ed etichettature saranno effettuate in accordo con le specifiche.

Tutti i cavi saranno etichettati

### *2.4.4 Sistema di messa a terra e Protezione da fulminazione*

Tutti gli inseguitori saranno dotati di almeno due picchetti di terra. La misura della resistenza di terra dovrà restituire valori inferiori ai 10 Ohm in ogni caso.

Le power station dovranno essere provviste di picchetti sufficienti all'ottenimento di una resistenza di terra inferiore ai 2 Ohm.

Il centro di controllo, il magazzino, tutti i lampioni e i supporti delle telecamere devono avere picchetti che realizzino una resistenza di terra inferiore ai 10 Ohm.

Tutte le reti di terra devono essere tra loro interconnesse, eccezion fatta per quelle relative alle power station che saranno indipendenti e presenteranno un valore di resistenza inferiore.

Saranno rispettate le normative e le specifiche indicate di seguito:

- BS7671:2008 Part 5 Section 52 and 53 on Protection and Earthing
- BS7671:2008 – Section 712 Requirements for PV Power Supply systems
- BS7430:2011: Code of Practice for Earthing
- IEEE 80/2000 AC Substation grounding
- DIN VDE 0141/2000 Earthing system for special installation with nominal voltage above 1 kV
- EN 60071.0:2006 and .02:1996 – Insulation coordination
- EN 60664.01 E2:2007: Insulation coordination for equipment within low voltage systems
- EN 61557.08 E2:2007 Insulation monitoring for IT System
- IEEE 81/1983 Measuring Earth Resistivity, Ground Impedance, Earth Surface Potential
- IEEE81.2/1991 Measurement of Impedance in Grounding Systems

- IEC 60947-4-1:2002 Low Voltage Switchgear: Contactors and Motors Staters

In particolare per la protezione da fulminazione:

- BS-EN 62305: Lightning protection standard
- EN 50164-1/2/3: Lightning protection components
- EN 61643.11 and .12 Surge protection for LV Power
- EN 61643.21 and .22: Surge Protection devices for telecom and signalling system
- IEC 60099-4:2001 Surge Arresters

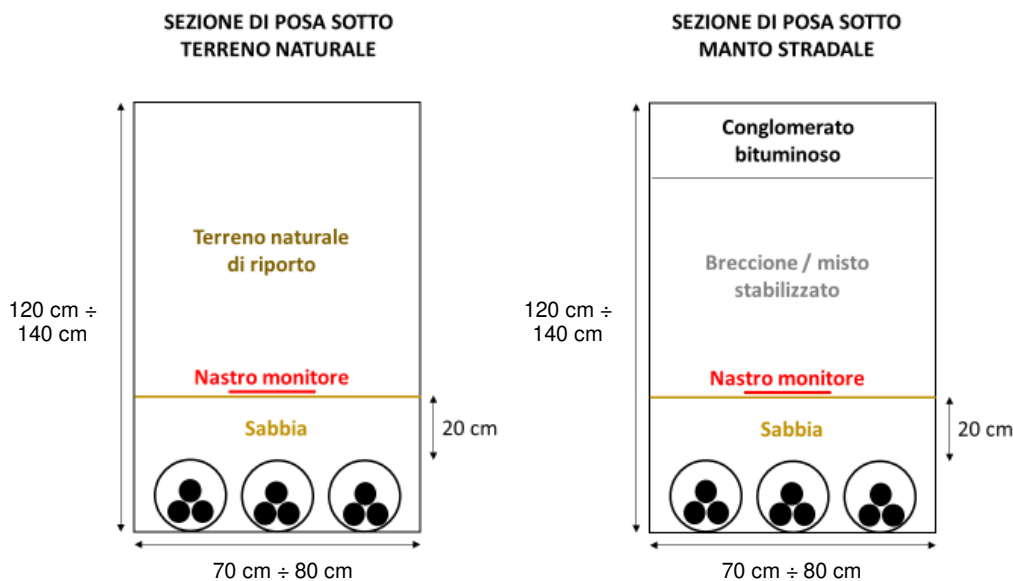
## 2.5 Cavidotto 36 kV di connessione impianto

### 2.5.1 Descrizione generale

Dall'area di impianto, l'energia elettrica prodotta dal generatore fotovoltaico sarà vettoriata alla nuova stazione elettrica 150kV/36kV della RTN attraverso un cavidotto interrato realizzato con 3 linee trifase in cavo con una tensione di esercizio di 36 kV e conduttori in alluminio con sezione di 400 mm<sup>2</sup>.

Il cavidotto avrà una lunghezza complessiva di circa 8.000m, di cui circa 600m interni all'area di impianto, circa 7 km al disotto di strade pubbliche esistenti (via Aprilia, via Reynolds, via dei Rangers, via Nettuno e via E. Toti) e circa 400m al disotto di strada sterrata (terreno agricolo: ultimo tratto da via E. Toti alla nuova stazione elettrica 150kV/36kV).

Si riportano di seguito le sezioni tipiche di posa delle linee interrate al disotto di terreno naturale e al di sotto di manto stradale.



Saranno integralmente rispettate le indicazioni tecniche e le prescrizioni fornite dagli Enti competenti al fiancheggiamento stradale delle strade interessate.

La realizzazione del cavidotto avverrà per fasi sequenziali di lavoro che permettono di contenere le operazioni in un tratto limitato dello stesso, avanzando progressivamente sul territorio. Lo scavo destinato ad accogliere il cavidotto sarà aperto con l'utilizzo di macchine escavatrici adatte alle caratteristiche dei tracciati attraversati.

Il materiale di risulta dello scavo verrà caricato in corso d'opera su camion per essere conferito in sito idoneo (discarica). In parte potrà essere riutilizzato per il rinterro del cavidotto.

Di seguito le prescrizioni / linee guida tecniche che saranno seguite nel caso di eventuali **incroci con altri impianti tecnologici** (conduttori di telecomunicazioni, metanodotti, acquedotti, etc.)

#### A) Incrocio con cavi di telecomunicazione interrati

Nel caso del suddetto incrocio si dovranno osservare le seguenti prescrizioni:



- il cavo di energia, di regola, dovrà essere posato inferiormente al cavo di telecomunicazione;
- la distanza tra i due cavi non dovrà essere inferiore a 0,30 m;
- sul cavo superiore dovrà essere realizzata una protezione per una lunghezza non inferiore ad 1 m, disposta simmetricamente rispetto al cavo inferiore.

Nel caso in cui non fosse possibile rispettare la distanza minima di 0,30 m tra i due cavi, occorrerà applicare su ogni cavo dei dispositivi di protezione costituiti da involucri (cassette o tubi) in acciaio zincato a caldo (Norme CEI 7-6) o acciaio inossidabile aventi le pareti di spessore non inferiore a 2 mm.

#### B) Incrocio con tubazioni metalliche

Nel caso di incrocio fra cavi di energia e tubazioni metalliche (acquedotti, gasdotti, oleodotti e simili) occorrerà che i cavi di energia non presentino giunzioni, se non ad una distanza maggiore di 1 m dal punto di incrocio con le tubazioni.

Se la distanza tra i cavi di energia e le tubazioni sarà compresa tra 0,30 m e 0,50 m, occorrerà interporre tra i cavi di energia e le tubazioni metalliche un elemento separatore non metallico, come, ad esempio, una lastra di calcestruzzo o di materiale isolante rigido o, una delle due linee deve essere contenuta in un manufatto di protezione non metallico.

Nel caso in cui la distanza tra i cavi di energia e le tubazioni dovesse essere inferiore o uguale a 0,30 m occorrerà interessare gli enti proprietari o concessionari.

Nel caso di angoli di incidenza inferiori ai 60°, occorrerà osservare le prescrizioni per i parallelismi, di seguito definite.

Nel caso di incrocio dei cavi di energia con gasdotti saranno sempre rispettate le prescrizioni delle Norme CEI 11-17 e le disposizioni del D.M. 24/11/84.

#### C) Parallelismo con cavi di telecomunicazione o tubazioni metalliche

Nei percorsi paralleli suddetti, i cavi di energia dovranno, di regola, essere posati alla maggiore distanza possibile tra loro, ad esempio ai lati opposti di una strada. In

nessun tratto la distanza misurata sulla proiezione orizzontale dovrà, per quanto possibile, risultare inferiore a 0,30 m.

Nel caso in cui non fosse possibile rispettare la distanza minima di 0,30 m da cavi di telecomunicazione, si dovrà applicare al cavo posto a minore profondità (o ad entrambi i cavi nel caso di distanza minore di 0,15 m) un involucro di protezione del tipo definito in precedenza.

Nel caso in cui non fosse possibile rispettare la distanza minima di 0,30 m da tubazioni metalliche, con un accordo tra gli enti proprietari o concessionari, sarà possibile posare i cavi ad una distanza inferiore nei casi in cui:

- o la differenza di quota fosse superiore a 0,50 m;
- o si interpongano elementi separatori non metallici o i cavi vengano posti in cunicoli (la differenza di quota potrà scendere fino a 0,30 m).

#### D) Incrocio e parallelismo con gasdotti

Le tubazioni vengono classificate in base alla pressione massima di esercizio:

- 1<sup>a</sup> specie  $P > 24$  bar;
- 2<sup>a</sup> specie  $12 < P < 24$  bar ;
- 3<sup>a</sup> specie  $5 < P < 12$  bar ;
- 4<sup>a</sup> specie  $1,5 < P \leq 5$  bar;
- 5<sup>a</sup> specie  $0,5 < P \leq 1,5$  bar;
- 6<sup>a</sup> specie  $0,04 < P \leq 0,5$  bar;
- 7<sup>a</sup> specie  $P \leq 0,04$  bar.

*Parallelismo tra cavi di energia in tubazioni e tubazioni di gas con densità non superiore a 0,8 kg/m<sup>3</sup> non drenate con pressione massima di esercizio maggiore di 5 bar*

Nel caso di percorsi paralleli di linee elettriche interrate con metanodotti il DM 17/04/08, All. A, art. 2.6, stabilisce che tra le linee interrate, senza protezione meccanica, e le condotte interrate non drenate (1<sup>a</sup>, 2<sup>a</sup>, 3<sup>a</sup>) la distanza non deve essere inferiore a 0,5 m. Tale distanza può eccezionalmente essere ridotta a 0,3 m se viene

interposto un elemento separatore non metallico (es. lastre di calcestruzzo o materiale rigido isolante).

La norma CEI 11-17, art 6.3.2., prescrive la distanza di sicurezza tra condotte di metano e cavi di energia direttamente interrati con modalità di posa "L" (senza protezione meccanica supplementare) e "M" (con protezione meccanica).

La distanza minima, misurata in proiezione orizzontale, tra le superfici esterne del cavo e della tubazione metallica, o di eventuali loro manufatti, non deve essere inferiore a 0,3 m.

La distanza di sicurezza nei parallelismi tra tubazioni del metano e cunicoli, polifore e tubazioni per cavi elettrici (energia e segnale) non deve essere inferiore:

- per condotte di 4 a e 5 a specie a 0,50 m, UNI 9165, art. 6.7.3.;
- per condotte di 6 a e 7 a specie tale da consentire gli interventi di manutenzione su entrambi i servizi interrati (La norma UNI 9165, art. 6.7.3.).

Incrocio tra cavi di energia e tubazioni gas con densità non superiore a 0,8 kg/m<sup>3</sup> non drenate con pressione massima di esercizio maggiore di 5 bar

Nei casi di incrocio per le specie 4<sup>a</sup>, 5<sup>a</sup>, 6<sup>a</sup>, 7<sup>a</sup>, si applica la norma CEI 11-17, art.6.3.1. La distanza tra le superfici esterne dei cavi direttamente interrati e delle condotte del metano, o di eventuali loro manufatti, deve essere superiore a 0,5 m; tale distanza può essere ridotta a 0,3 metri:

- Se la condotta del metano è contenuta in un manufatto di protezione non metallico, prolungato per almeno 0,3 m per parte rispetto l'ingombro in pianta.
- Quando tra le due strutture che si incrociano sia interposto un separatore non metallico (es. lastre di calcestruzzo o di materiale isolante rigido) anch'esso prolungato per almeno 0,3 m oltre la superficie di sovrapposizione delle due strutture.

---

Non bisogna avere giunti sui cavi di energia a distanza inferiore a 1 m dal punto di incrocio, salvo venga interposto un elemento separatore metallico.

La distanza di sicurezza per condotte non drenate prevede una distanza di:

- per condotte di 4 a e 5 a specie 0,5 m;
- per condotte di 6 a e 7 a specie, distanza sufficiente tale da consentire interventi di manutenzione interrati.

### 3. Impatto Elettromagnetico

#### 3.1 Riferimenti Normativi

Tra i principali riferimenti normativi in materia di protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici generati da linee elettriche e apparati in corrente alternata è utile ricordare le Linee Guida dell'ICNIRP, in particolare:

- Linee Guida per la limitazione dell'esposizione a campi elettrici e magnetici variabili nel tempo (1Hz - 100 KHz) (2010), che hanno sostituito le precedenti Linee Guida del 1982 introducendo nuovi limiti basati sul campo elettrico indotto e non più sulla corrente elettrica indotta.

Con riferimento all'esposizione della popolazione, è utile menzionare a livello europeo la:

- Raccomandazione del Consiglio dell'Unione Europea del 12 Luglio 1999 relativa alla limitazione dell'esposizione della popolazione ai campi elettromagnetici fino a 300 GHz (n. 1999/519/CE) che ha recepito le Linee Guida dell'ICNIRP fino a quel momento emesse, oggi sostituite dalle più recenti "Linee Guida per la limitazione dell'esposizione a campi elettrici e magnetici variabili nel tempo del 1998",

chiedendo agli Stati membri che le disposizioni nazionali relative alla protezione dall'esposizione ai campi elettromagnetici si uniformassero alle stesse.

Come precisa la stessa Raccomandazione, i limiti derivati sulla base degli effetti a breve termine provati, adottano fattori di sicurezza pari a 50 che implicitamente tutelano anche da possibili effetti a lungo termine, ad oggi non provati.

A livello nazionale il quadro normativo è rappresentato da:

- Legge quadro 22 febbraio 2001 n. 36 "Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici" [si applica a frequenze comprese tra 0 Hz e 300 GHz];

- 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 (50Hz) generati dagli elettrodotti";
- Decreto 29 maggio 2008 "Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti" [si applica alle linee esercite alla frequenza di rete (50Hz)].

I principali riferimenti tecnici per il calcolo dei valori di campo elettrico e magnetico sono rappresentati dalle norme tecniche CEI, in particolare:

- Norma 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;
- Norma CEI 211-4 "Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee e da stazioni elettriche" Seconda edizione, 2008.

Nonché relativamente alla corrente da utilizzare per il calcolo:

- Norma CEI 11-60 "Portata al limite termico delle linee elettriche aeree esterne con tensione maggiore di 100 kV" Seconda edizione, 2002.

## LIMITI DI RIFERIMENTO

I livelli di riferimento raccomandati dall'ICNIRP per la popolazione, oggetto di recente revisione, sono, per le linee elettriche esercite alla frequenza di rete (50 Hz):

- campo elettrico: 5 kV/m (valori efficaci)

- campo magnetico: 200  $\mu$ T (valori efficaci)

A livello europeo la Raccomandazione del Consiglio dell'Unione Europea del 12 Luglio 1999 ha invece recepito i valori indicati dalle precedenti Linee Guida dell'ICNIRP (Linee Guida per la limitazione dell'esposizione a campi elettrici e magnetici variabili nel tempo del 1998); tali valori sono quindi per le linee elettriche esercite alla frequenza di rete (50 Hz):

- campo elettrico: 5 kV/m (valori efficaci);
- campo magnetico: 100  $\mu$ T (valori efficaci).

In ambito nazionale, ai fini della protezione della popolazione, la legge n. 36 del 22 febbraio 2001 e il successivo D.P.C.M. 8 luglio 2003 hanno introdotto, relativamente alla frequenza di rete di 50 Hz, i seguenti limiti:

**Limite di esposizione:**

- 5 kV/m per il campo elettrico;
- 100  $\mu$ T per l'induzione magnetica,  
(da intendersi come valori efficaci) (RMS values)

**Valore di attenzione:**

- 10  $\mu$ T per l'induzione magnetica,  
(da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio)

**Obiettivo di qualità:**

- 3  $\mu$ T per il valore dell'induzione magnetica,  
(da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio).

Mentre i limiti di esposizione si applicano in ogni condizione di esposizione, i valori di attenzione si applicano nelle aree gioco per l'infanzia, in ambienti abitativi, in ambienti scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore giornaliere nel caso di linee esistenti nei confronti di edificato esistente. Nella progettazione di nuovi elettrodotti in corrispondenza di aree gioco per l'infanzia, di ambienti abitativi, di ambienti scolastici e di luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore e nella progettazione dei nuovi insediamenti e delle nuove aree di cui sopra in prossimità di linee ed installazioni elettriche già presenti nel territorio, ai fini della progressiva minimizzazione dell'esposizione ai campi elettrici e magnetici generati dagli elettrodotti operanti alla frequenza di 50 Hz si applicano invece gli obiettivi di qualità.

Di seguito un prospetto dei limiti attualmente vigenti:

f (Hz)	ICNIRP (2010)		Racc.Cons.Europeo 12/07/99		D.Lgs 36/01 + DPCM 8/07/2003	
	E (kV/m)	B (μT)	E (kV/m)	B (μT)	E (kV/m)	B (μT)
50	5	200	5	100	5	100 (1) 10 (2) 3 (3)

(1) limite di esposizione (2) valore di attenzione (3) obiettivo di qualità

### 3.2 Fascia di Rispetto e DPA

Con riferimento alle Cabine elettriche e agli elettrodotti eserciti alla frequenza di rete, 50 Hz, e con specifico riferimento all'obiettivo di qualità, sono stati introdotti i concetti di Fascia di rispetto e di Distanza di prima approssimazione (DPA).

Come definita dalla norma CEI 106-11, Fascia di rispetto *“E' lo spazio circostante i conduttori di una linea elettrica aerea, o in cavo interrato, 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 ad un valore prefissato, in particolare all'obiettivo di qualità.”*

Come meglio specifica il DPCM 8 luglio 2003 [art.6], *“per la determinazione delle fasce di rispetto si dovrà fare riferimento all'obiettivo di qualità ... ed alla portata in corrente in servizio normale dell'elettrodotto, come definita dalla norma CEI 11-60”*.

Come previsto dallo stesso art.6 del DPCM 8 luglio 2003, la metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto è stata definita dall'APAT, sentite le ARPA, ed approvata dal Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio con Decreto 29 Maggio 2008 - "Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti".



Come specificato al par.3.2, tale metodologia, *...ai sensi dell'art. 6 comma 2 del DPCM 08.07.03, ha lo scopo di fornire la procedura da adottarsi per la determinazione delle fasce di rispetto pertinenti alle linee elettriche aeree e interrato, esistenti e in progetto.*

I riferimenti contenuti nell'art. 6 del DPCM 8 luglio 2003 implicano che le fasce di rispetto debbano attribuirsi ove sia applicabile l'obiettivo di qualità: *"Nella progettazione di nuovi elettrodotti in corrispondenza di aree gioco per l'infanzia, di ambienti abitativi, di ambienti scolastici e di luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore e nella progettazione dei nuovi insediamenti e delle nuove aree di cui sopra in prossimità di linee ed installazioni già presenti nel territorio."* (art. 4 del DM 8 luglio 2003)

Il concetto di Distanza di prima approssimazione (DPA) è stato per la prima volta introdotto dal Decreto 29 Maggio 2008 che ne riporta anche la definizione: *"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..."*

Tale concetto è stato introdotto al fine di semplificare la gestione territoriale e procedere in prima approssimazione al calcolo delle fasce di rispetto senza dover ricorrere a complessi modelli di calcolo bidimensionale o tridimensionale, il Decreto prevede infatti anche dei metodi semplificati da poter applicare nel caso di parallelismo o incrocio di linee elettriche aeree.

### 3.2.1 Trascurabilità del campo elettrico

Per quanto riguarda il campo elettrico esso è fisicamente dipendente dalla tensione di linea e dalla distanza lineare, e risulta fortemente influenzato dalla presenza del terreno e dalle protezioni isolanti.

Tutte le apparecchiature elettriche di impianto elencate nei precedenti paragrafi e le linee elettriche in cavo interrato non producono un campo elettrico in alcun modo apprezzabile, e presentano un valore di campo elettrico fortemente inferiore ai limiti di legge.

### 3.2.2 Modello di calcolo

Il campo magnetico prodotto da una sorgente lineare è fisicamente dipendente dal valore di corrente di linea e dalla distanza dalla linea stessa; in seconda istanza il campo magnetico dipende dalle caratteristiche fisiche della linea (materiale conduttore, isolante, etc.) e del mezzo attraverso il quale il campo viene trasmesso (aria, terreno, etc.).

Il calcolo del valore del campo magnetico nel caso in esame è possibile attraverso l'utilizzo della Legge di Biot-Savart:

$$\vec{B}_0 = \frac{\mu_0 i \hat{l} \times \vec{r}}{4\pi r^3}$$

dove:

**B<sub>0</sub>** è il campo magnetico;

**r** è la distanza lineare dalla sorgente;

**i** è l'intensità di corrente;

**μ<sub>0</sub>** è la permeabilità magnetica (qui espressa come permeabilità magnetica del vuoto; nel nostro caso la permeabilità magnetica sarà quella dei mezzi attraversati dal campo: isolanti, pareti, terreno, etc.).

Il campo magnetico pertanto cresce all'aumentare della corrente e diminuisce all'aumentare della distanza; per distanze apprezzabili (già nell'ordine di qualche decina di centimetri, e comunque inferiori al metro) il suo valore decresce approssimativamente con il quadrato della distanza geometrica (**1/r<sup>2</sup>** conseguenza della presenza nella formula di **r** sia al numeratore che al denominatore).

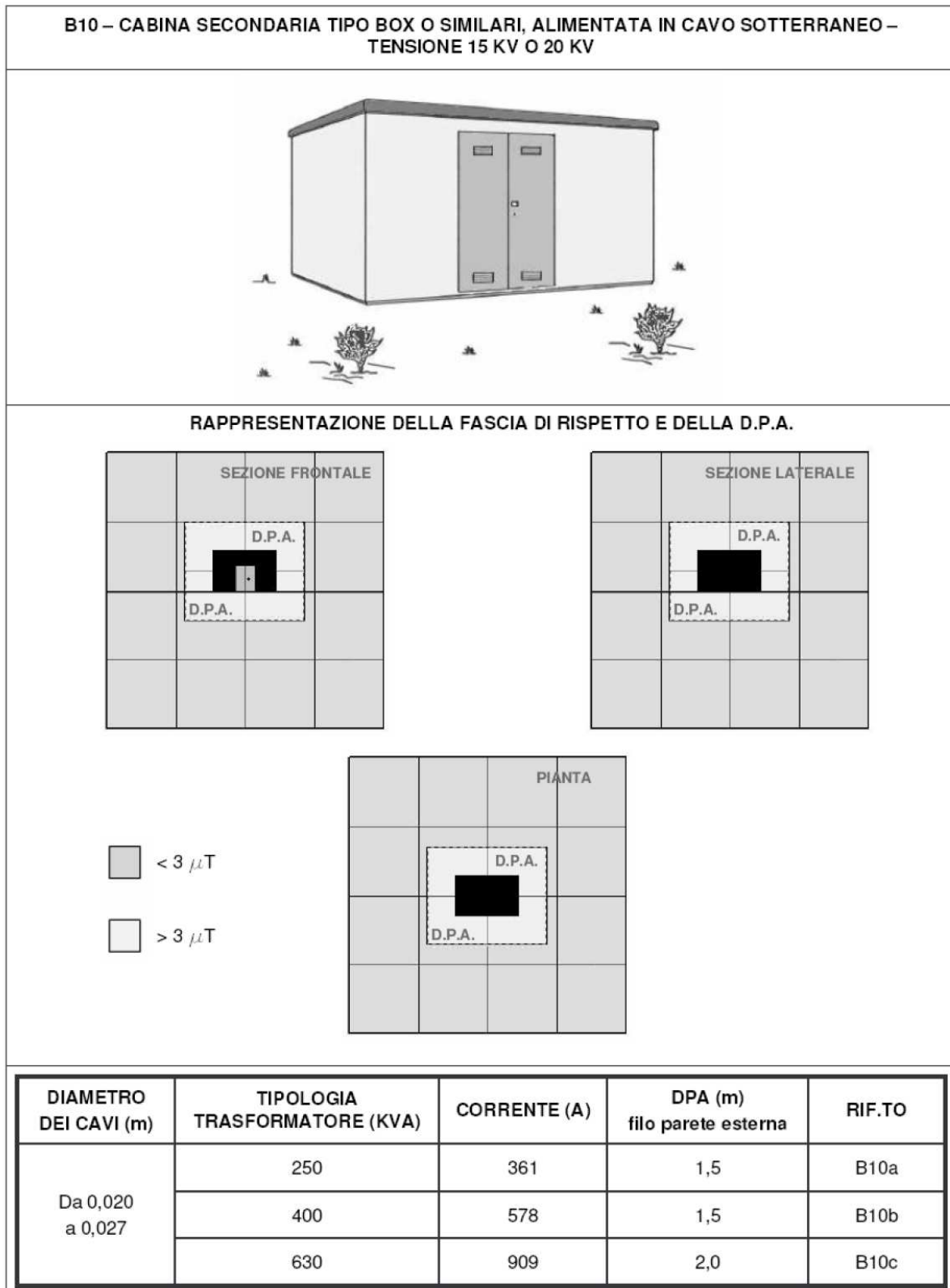
Il DPCM 8 luglio 2003, all'art. 6, in attuazione della Legge 36/01 (art. 4 c. 1 lettera h), introduce anche la metodologia di calcolo delle fasce di rispetto, definita nell'allegato al Decreto 29 maggio 2008 (*Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli 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.

---

**Nella formulazione delle DPA sono state analizzate le principali tipologie e geometrie delle linee elettriche (aeree e interrate) e i lay-out tipici delle cabine di consegna e smistamento, nelle più gravose condizioni di esercizio.**

**Tutte le soluzioni e tipologie realizzative correnti si possono ricondurre a schede parametriche di riferimento che hanno alla base rigorose formulazioni fisiche e matematiche e che portano con ampio margine di tutela alla assegnazione del valore delle fasce di rispetto da prevedere per le diverse linee / strutture / apparati.**

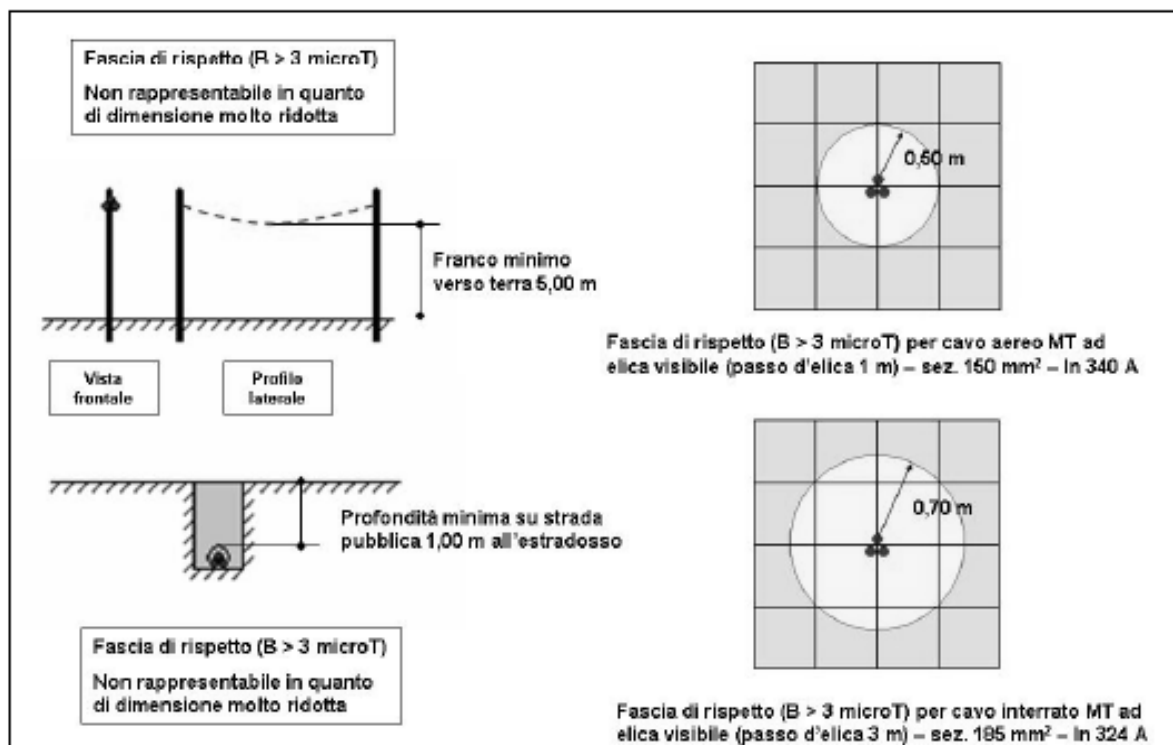
Si riportano le schede utili per i casi di specie oggetto del presente progetto / studio.



La "Metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti" precisa che il calcolo delle DPA e della Fascia di rispetto non è dovuto in alcuni casi:

- linee elettriche esercite a frequenza diversa da 50 Hz;
- linee a Bassa Tensione;
- linee a Media Tensione (interrate e aeree) realizzate in cavo cordato ad elica

Per queste ultime valgono infatti le evidenze sintetizzate nella figura seguente:



Risulta del tutto evidente come per le linee 20 kV ÷ 36 kV interrato (a profondità non inferiore a 1m) la fascia di rispetto si richiuda integralmente nel terreno.

### 3.3 Stato “post-operam”: analisi CEM

L'attività lavorativa di personale sull'area di impianto sarà assolutamente marginale nei modi e nelle tempistiche; è prevista la presenza esclusiva di lavoratori addetti al saltuario controllo e manutenzione.

Le sorgenti elettromagnetiche individuabili sono:

1. Power Station e unità BEES (inverter, quadri/sezionatori, trasformatori BT/MT, unità di accumulo elettrochimico);
2. Cavidotti interrati di impianto;
3. Cavidotto interrato di connessione 36 kV.

**Sorgente n.1:** il campo elettromagnetico generato dalle apparecchiature presenti nelle power station e nelle unità di accumulo elettrochimico, per mancanza di armoniche significative, per la presenza di idonee schermature e per parametri costruttivi del fornitore, rispetterà integralmente i limiti previsti dalla legge e non rappresenterà in alcun modo un rischio per la salute dei lavoratori e per persone terze.

La massima intensità di corrente (circa 1.700 A) si verifica in corrispondenza del livello di tensione di 1.500 V (uscita inverter e ingresso trasformatori BT/MT).

Una fascia di rispetto di 4 metri lungo tutti i lati dei container, ampiamente ricompresa all'interno della recinzione di impianto, è largamente sufficiente per garantire l'integrale rispetto dell'obiettivo qualità.

**Sorgente n.2:** in merito ai cavidotti 20 kV ÷ 36 kV interrati di impianto si sottolinea come questi siano realizzati in cavo cordato ad elica e interrati ad una profondità non inferiore a 1 metro. L'impatto elettromagnetico risulta essere assolutamente contenuto, ed in particolare i cavidotti di impianto rispetteranno integralmente l'obiettivo qualità senza la necessità di una fascia di rispetto.

**Sorgente n.3:** l'energia elettrica prodotta dall'Impianto Agrivoltaico verrà vettoriata attraverso un cavidotto interrato a 36 kV ad una nuova Stazione Elettrica TERNA 150kV/36 kV da realizzarsi in via E. Toti.

Nelle condizioni di massima corrente di esercizio, l'intensità di corrente è pari a circa 321A; il campo elettromagnetico rilevabile ad 1 metro di altezza dal suolo è **sempre inferiore a 3  $\mu$ T, e pertanto l'obiettivo qualità è sempre rispettato.**

### Conclusioni

Le soluzioni progettuali adottate e le fasce di rispetto individuate per le sorgenti elettromagnetiche assicurano il completo rispetto dell'obiettivo qualità di 3  $\mu$ T fissato dal Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri dell'8 Luglio 2003. La protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici secondo il DPCM 08 luglio 2003 è ampiamente garantita.

**L'impatto elettromagnetico atteso risulterà sempre ampiamente entro i limiti e le indicazioni stabilite dal DPCM dell'8/7/2003.**