



LUGLIO 2024

GREEN FROGS VECCHIENNA S.R.L.

**IMPIANTO AGRIVOLTAICO IN AREA IDONEA
COLLEGATO ALLA RTN**

DI POTENZA NOMINALE PARI A 34,00 MWp

**DENOMINATO "VECCHIENNA" SITO NEL
COMUNE DI CASTELNUOVO VAL DI CECINA (PI)**

Montana

ISTANZA DI VIA – art.23, Titolo III - D.Lgs. 152/2006
e s.m.i.

ELABORATO R16

RELAZIONE CAMPI ELETTROMAGNETICI

Progettista

Corrado Pluchino / n. ordine Ing. Milano A27174

Coordinamento

Stefano Adami / n. ordine Ing. Milano A23812

Codice elaborato

*3162_6245_VE_VIA_R16_R00_Relazione Campi
Elettromagnetici.docx*

Montana S.p.A.

Via Angelo Carlo Fumagalli 6, 20143 Milano
Tel. +39 02 54 11 81 73 | Fax +39 02 54 12 98 90
Milano (Sede Certificata ISO) | Brescia | Palermo | Cagliari | Roma | Siracusa

C. F. e P. IVA 10414270156
Cap. Soc. 600.000,00 €
www.montanambiente.com



Memorandum delle revisioni

Cod. Documento	Data	Tipo revisione	Redatto	Verificato	Approvato
3162_6245_VE_VIA_R16_R00_Relazione Campi Elettromagnetici.docx	07/2024	Prima emissione	<i>F.Loviselli.</i>	<i>S.Adami</i>	<i>C.Pluchino</i>

Visto

Il Direttore Tecnico
Alberto Angeloni

Gruppo di lavoro per l'elaborato

Nome e cognome	Ruolo/Temi trattati	Ordine professionale
Corrado Pluchino	Responsabile Tecnico Operativo	Ord. Ing. Prov. Milano n. A27174
Stefano Adami	Ing. - Coordinamento G.d.L.	Ord. Ing. Prov. Milano A23812
Michele Dessì	Ingegnere Elettrico – Progettazione elettrica	Ord. Ing. Prov. Cagliari A9040
Andrea Delussu	Ingegnere Elettrico – Progettazione elettrica	
Fabio Loviselli	Ingegnere Elettrico – Progettazione elettrica	
Matthew Piscedda	Esperto in discipline elettriche	

Montana S.p.A.

Via Angelo Carlo Fumagalli 6, 20143 Milano
Tel. +39 02 54 11 81 73 | Fax +39 02 54 12 98 90
Milano (Sede Certificata ISO) | Brescia | Palermo | Cagliari | Roma | Siracusa

C. F. e P. IVA 10414270156
Cap. Soc. 600.000,00 €
www.montanambiente.com

INDICE

1. PREMESSA	5
1.1 PROFILO DEL PROPONENTE	5
1.2 SCOPO DEL DOCUMENTO	6
1.2.1 Dati generali del progetto.....	8
2. STATO DI FATTO	9
2.1 DATI AMBIENTALI E CLIMATICI DEL SITO	9
2.2 TOPOGRAFIA	19
2.3 GEOLOGIA, IDROLOGIA E GEOTECNICA	19
2.3.1 Inquadramento geologico e geomorfologico.....	20
2.3.2 Inquadramento idrogeologico e idrografico	22
2.3.3 Caratterizzazione sismica.....	25
3. STATO DI PROGETTO	29
3.1 CRITERI DI PROGETTAZIONE	29
3.2 DISPONIBILITÀ DI CONNESSIONE	29
3.3 LAYOUT DI IMPIANTO	29
3.4 DESCRIZIONE DEI COMPONENTI DELL'IMPIANTO AGRIVOLTAICO	32
3.4.1 Moduli fotovoltaici	32
3.4.2 Strutture di supporto moduli.....	33
3.4.3 String box.....	34
3.4.4 Power Station	34
3.4.5 Inverter	36
3.4.6 Trasformatore elevatore MT/BT.....	36
3.4.7 Quadri BT e MT.....	37
3.4.8 Cavi di potenza BT e MT	37
3.4.9 Sistema SCADA	37
3.4.10 Cavi di controllo e TLC.....	37
3.4.11 Cabina di Connessione	38
3.4.12 Monitoraggio ambientale	38
3.4.13 Sistema di sicurezza antintrusione	38
3.4.14 Recinzione	39
3.4.15 Sistema di drenaggio	39
3.4.16 Viabilità del sito	41
3.4.17 Sistema antincendio	41
3.5 LINEE ELETTRICHE DI IMPIANTO	42
3.5.1 Giunzioni termorestringenti per media e alta tensione fino a 52 kv.....	43
3.6 CONFIGURAZIONE DI IMPIANTO	44
3.7 TRASFORMATORI	44
3.8 ELEMENTI RELATIVI ALLA CONNESSIONE	45
3.9 CALCOLI DI PROGETTO	46
3.9.1 Calcoli di producibilità	46
3.9.2 Calcoli elettrici	46
3.9.3 Calcoli strutturali	46



3.9.4 Calcoli idraulici.....	47
3.10 FASI DI COSTRUZIONE.....	48
3.11 PRIME INDICAZIONI DI SICUREZZA.....	49
3.12 SCAVI E MOVIMENTI DI TERRA.....	50
3.13 PERSONALE E MEZZI.....	50
4. RIFERIMENTI NORMATIVI.....	52
5. DEFINIZIONI	54
6. CALCOLO DELLE DPA.....	58
6.1 METODOLOGIA DI CALCOLO	58
6.1.1 Formula di calcolo della DPA per cabine elettriche	58
6.1.2 Formule di calcolo della DPA per linee elettriche interrate a semplice terna	58
6.1.3 Software di calcolo Magic® (By BeShielding)	59
6.2 CALCOLO DELLA DPA I CABINATI ELETTRICI D'IMPIANTO.....	59
6.3 CALCOLO DELLE DPA PER IL CAVIDOTTO DI CONNESSIONE A 30 KV.....	60
6.4 CALCOLO DELLE DPA PER I CAVIDOTTI A 30KV INTERNI ALL'IMPIANTO	60
7. CONCLUSIONI	62



1. PREMESSA

Il progetto prevede la realizzazione di un **“Impianto agrivoltaico di potenza nominale pari a 34,00 MWp denominato Vecchienna”**. Il progetto prevede lo sviluppo, da parte della società Green Frogs Vecchienna S.r.l., di un impianto agrivoltaico, da realizzarsi in area idonea, ubicato nel Comune di Castelnuovo di Val di Cecina, in Provincia di Pisa (PI).

Il Progetto, nello specifico, ricade tra le tipologie di intervento da sottoporre alla Valutazione di Impatto Ambientale di competenza ministeriale, in quanto compreso tra le opere riportate nell’Allegato II alla Parte II, del D.Lgs. n. 152/2006 (cfr. 2) - *Impianti fotovoltaici per la produzione di energia elettrica con potenza complessiva superiore a 10 MW*.

Il progetto dell’impianto proposto è stato predisposto in accordo con le Linee Guida in materia di Impianti Agrivoltaici, pubblicate nel 2022 dal Ministero della Transizione Ecologica (ora MASE).

Complessivamente, l’opera proposta prevede le seguenti principali caratteristiche, componenti e attività:

- Superficie totale di impianto: 46,5 ettari;
- Potenza installabile: 34 MWp;
- Numero complessivo di pannelli: 48.916 moduli fotovoltaici.

Per l’impianto agrivoltaico è prevista la connessione alla Rete elettrica di Trasmissione Nazionale (RTN) mediante la realizzazione di un cavidotto interrato della lunghezza di circa 2.0 km, che correrà perlopiù sulla viabilità esistente e si collegherà alla stazione elettrica (SE) di nuova realizzazione.

La soluzione tecnica minima generale (STMG) di connessione è stata elaborata ed emessa da Terna S.p.a. con codice pratica (CP) 202304161 e accettata dalla Società in data 25/10/23

L’STMG che l’impianto venga collegato in antenna a 132 kV su una nuova Stazione Elettrica (SE) della RTN a 132 kV da inserire in entra – esce alla direttrice RTN a 132 kV “Nuova Lagoni Rossi - Le Prata Al – Valle Secolo”, previa realizzazione degli interventi 345-P e 349-P del Piano di Sviluppo Terna.

La soluzione di connessione rappresentata nell’elaborato *3162_6245_VE_VIA_T17_R00_Opere di Connessione Inquadramento su CTR* del presente progetto è quella attualmente sottoposta a Terna in fase di prefattibilità per la quale è in corso un tavolo tecnico.

1.1 PROFILO DEL PROPONENTE

Il settore energetico riveste un ruolo cardine nello sviluppo dell’economia, sia come fattore abilitante (fornire energia a costi competitivi, con limitato impatto ambientale e con elevata qualità del servizio, condizione essenziale per lo sviluppo delle imprese e per le famiglie), che come fattore di crescita di per sé (essere parte attiva del grande potenziale economico della cosiddetta Green economy). Come riconosciuto nelle più recenti strategie energetiche europee e nazionali, assicurare un’energia più competitiva e sostenibile è uno degli obiettivi di maggiore interesse per il futuro.

L’IEA (International Energy Agency) riporta un ormai innegabile impatto significativo sulla decarbonizzazione legato all’impiego di energia pulita, fra cui compare il solare fotovoltaico. Sebbene il trend delle emissioni totali legate all’energia siano aumentate tra il 2019 ed il 2023, tale aumento sarebbe stato tre volte superiore senza l’impiego delle tecnologie green.



La produzione energetica da fonte solare ha registrato un significativo incremento nella efficienza, come risultato dei progressivi miglioramenti nella tecnologia, scaturiti da importanti investimenti in ricerca applicata, dalla diffusione globale degli impianti (economie di scala) ed alimentata dalle politiche di incentivazione adottate dai governi a livello mondiale.

In quest'ottica, Green Frogs Vecchienna S.r.l., società partecipata al 100% dalla Holding Green Frogs S.r.l., in linea con gli ideali della Gruppo, è un'azienda attiva nel settore delle energie rinnovabili.

Il gruppo Green Frogs vanta un'esperienza consolidata nel settore delle energie rinnovabili da oltre 15 anni, con focus su energia solare e biogas, come testimoniato dai numerosi risultati e degli importanti obiettivi raggiunti.

In particolare, a partire dal 2017, Green Frogs ha realizzato ed allacciato alla rete un progetto fotovoltaico sito a Montalto di Castro (VT), di potenza pari a circa 23,5 MWp, ed ha altresì avviato il cantiere del secondo progetto fotovoltaico di potenza pari a 36 MWp sul territorio di Tarquinia (VT). Sono tutt'ora in corso di autorizzazione circa 140 MWp di progetti fotovoltaici, ivi compreso quello oggetto della presente valutazione.

Il gruppo Green Frogs investe, infatti, sul futuro sostenibile dell'energia rinnovabile, con particolare cura nell'inserimento territoriale dei progetti, attraverso proposte che valorizzino siti ormai dismessi e poco riutilizzabili, quali cave cessate ed aree industriali, o che promuovono l'affiancamento di tali tecnologie agli usi attuali o potenziali dei terreni, come nel caso dell'agrivoltaico.

1.2 SCOPO DEL DOCUMENTO

Il presente documento è finalizzato alla stesura della **Relazione campi elettromagnetici** generati dall'impianto agrivoltaico descritto in premessa.

La popolazione, in generale, è esposta a campi elettromagnetici prodotti da una grande varietà di sorgenti che utilizzano l'energia elettrica a varie frequenze.

Tali campi, variabili nel tempo, occupano la parte dello spettro che si estende dai campi statici alle radiazioni infrarosse. In questa gamma di frequenze (0 Hz – 300 GHz) i fenomeni di ionizzazione nel mezzo interessato dai campi sono trascurabili: pertanto le radiazioni associate a queste frequenze rientrano in quelle cosiddette radiazioni non-ionizzanti.

Alle più basse frequenze, quando i campi sono caratterizzati da variazioni lente nel tempo, per esempio alle frequenze industriali di 50/60 Hz, o, più in generale, quando l'esposizione ai campi elettromagnetici avviene a distanze dalla sorgente piccole rispetto alla lunghezza d'onda, i campi elettrici e i campi magnetici possono essere considerati indipendentemente.

Alle frequenze più alte o, più in generale, a distanze elevate rispetto alla lunghezza d'onda, i campi elettrici e i campi magnetici sono strettamente correlati tra di loro: dalla misura di uno di essi si può in genere risalire all'altro.

Contrariamente a quanto succede con le radiazioni ionizzanti, per le quali il contributo delle sorgenti naturali rappresenta la porzione più elevata dell'esposizione della popolazione, per le radiazioni non-ionizzanti le sorgenti di campi elettromagnetici realizzati dall'uomo tendono a diventare sempre più predominanti rispetto alle sorgenti naturali.

Negli ultimi decenni l'uso dell'elettricità è aumentato considerevolmente, sia per la distribuzione dell'energia elettrica sia per lo sviluppo dei sistemi di telecomunicazione, con conseguente aumento dell'esposizione della popolazione ai campi elettromagnetici.



I campi variabili nel tempo più comuni a cui le persone sono permanentemente esposte sono quelli derivanti dai sistemi di generazione, trasmissione, distribuzione ed utilizzazione dell'energia elettrica a 50/60 Hz, dai sistemi di trazione ferroviaria, dai sistemi di trasporto pubblico (da 0 Hz a 3 kHz) e dai sistemi di telecomunicazioni (trasmettitori radiofonici e televisivi, ponti radio a microonde, stazioni radio base per telefonia mobile, radar, ecc.).

I campi generati dalle diverse sorgenti possono essere di vario tipo. La forma d'onda può essere sinusoidale, modulata in ampiezza (AM) o in frequenza (FM) nel caso di comunicazioni radio, o modulata ad impulsi come nei radar dove l'energia delle microonde viene trasmessa in brevi pacchetti di impulsi della durata di microsecondi.

L'esposizione umana dipende non solo dall'intensità dei campi elettromagnetici generati, ma anche dalla distanza dalla sorgente e, nel caso di antenne direzionali, quali quelle dei sistemi di comunicazione radar o satellitari, anche dalla vicinanza dal fascio principale di radiazione.

La maggior parte delle persone è esposta ai campi prodotti dai trasmettitori a radiofrequenza di bassa potenza, quali quelli delle stazioni base della telefonia cellulare, e dai sistemi di sicurezza e di controllo degli accessi, dove i campi possono provocare un'esposizione non uniforme del corpo. Generalmente le intensità dei campi prodotti da queste sorgenti decrescono rapidamente con la distanza.

Per proteggere la popolazione dagli eventuali effetti nocivi dell'esposizione ai campi elettromagnetici prodotti da tali sorgenti, sono stati sviluppati in ambiti nazionali e internazionali diversi tipi di linee-guida: esse sono generalmente basate sull'individuazione di valori da non superare per alcune grandezze di base, derivanti da valutazioni biologiche (grandezze interne al corpo, quali la densità di corrente e la sovratemperatura corporea), cui corrispondono altre grandezze derivate esterne, facilmente misurabili, quali il campo elettrico e il campo magnetico.



1.2.1 Dati generali del progetto

Nella tabella seguente sono riepilogate in forma sintetica le principali caratteristiche tecniche dell'impianto di progetto.

Tabella 1.1: Dati di progetto

ITEM	DESCRIZIONE
Richiedente	Green Frogs Vecchienna S.r.l.
Luogo di installazione:	Località Vecchienna, Comune di Castel nuovo Val di Cecina (PI)
Denominazione impianto:	Vecchienna
Potenza di picco (MW _p):	34,00 MWp
Informazioni generali del sito:	Sito ben raggiungibile, caratterizzato da strade esistenti, idonee alle esigenze legate alla realizzazione dell'impianto e di facile accesso. La morfologia è piuttosto regolare.
Connessione:	La Soluzione Tecnica Minima Generale per Voi elaborata prevede che il Vs. impianto venga collegato in antenna a 132 kV su una nuova Stazione Elettrica (SE) della RTN a 132 kV da inserire in entra – esce alla direttrice RTN a 132 kV “Nuova Lagoni Rossi - Le Prata Al – Valle Secolo”, previa realizzazione degli interventi 345-P e 349-P del Piano di Sviluppo Terna.
Tipo strutture di sostegno:	Strutture metalliche in acciaio zincato fissate a terra su pali
Inclinazione piano dei moduli:	+33°
Azimut di installazione:	0°
Sezioni impianto:	n.4 denominate S1, S2, S3 ed S4
Power Station:	n. 8 distribuite all'interno del campo agrivoltaico, lungo la viabilità interna
Cabina di Connessione	n. 1 interno al campo S1 e posizionato lungo la recinzione
Rete di collegamento:	132 kV
Coordinate connessione (SSEU):	Latitudine 43°10'32.72"N
	Longitudine 10°48'47.56"E

2. STATO DI FATTO

2.1 Dati ambientali e climatici del sito

Lo scopo del presente Paragrafo è quello di caratterizzare, in termini di contesto meteo-climatico e di qualità dell'aria, i fattori climatici e la componente atmosferica nella situazione attuale.

Caratterizzazione meteorologica

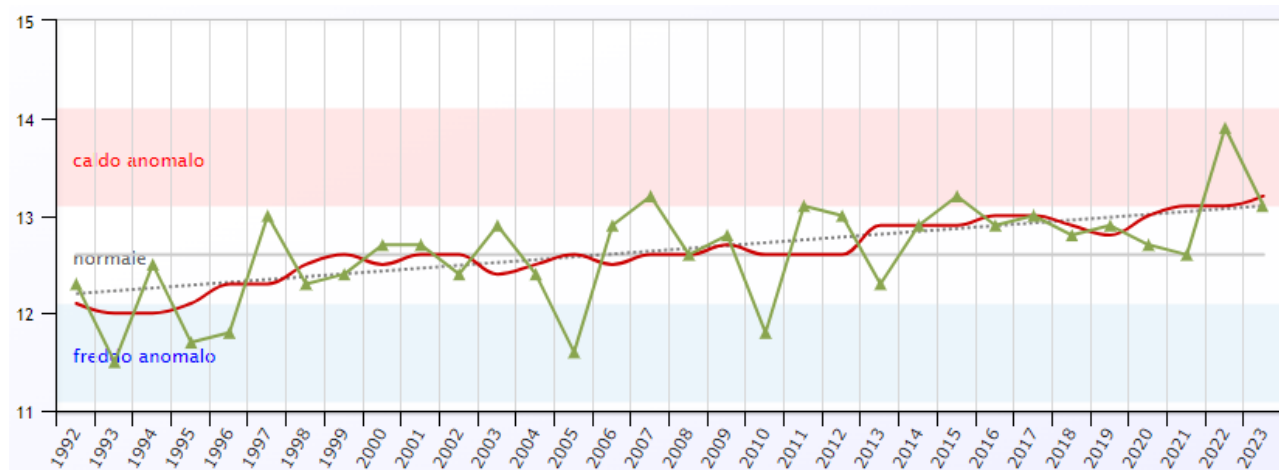
Di seguito si riportano i principali parametri meteorologici e climatici - ovvero temperatura, precipitazioni cumulate, umidità relativa media, velocità e direzione del vento. I dati sono stati rilevati dalla Stazione Meteo di Castelnuovo di Val di Cecina (43° 12' 09" N 10° 52' 46" E; Altitudine: 742 m).

Temperatura

La seguente Figura 2.1 riporta l'andamento delle temperature medie mensili dal 1992 al 2023, misurate nel comune di Castelnuovo di Val di Cecina.

In linea generale si può notare un periodo più freddo che inizia con i primi anni '90 e si conclude nel 1997 (temperatura media annua 12.0°C), seguito da un periodo più caldo attualmente ancora in atto (temperatura media annua 12.7°C), anche se il 2005 ed il 2010 sono risultati più freddi della media; l'incremento totale del periodo è stato di 0.9°C. Da segnalare infine come i record di mese più freddo il febbraio 2012 (+0.5°C) e come mesi più caldi l'agosto 2003 e il luglio 2022 (+24.9°C). Infine, balza agli occhi la forte anomalia positiva riscontrata nel 2022, probabilmente l'anno sicuramente più caldo in assoluto, per quanto riguarda l'Italia, dall'inizio delle rilevazioni storiche.

Figura 2.1 Temperatura (°C) del comune di Castelnuovo di Val di Cecina dal 1992 al 2023

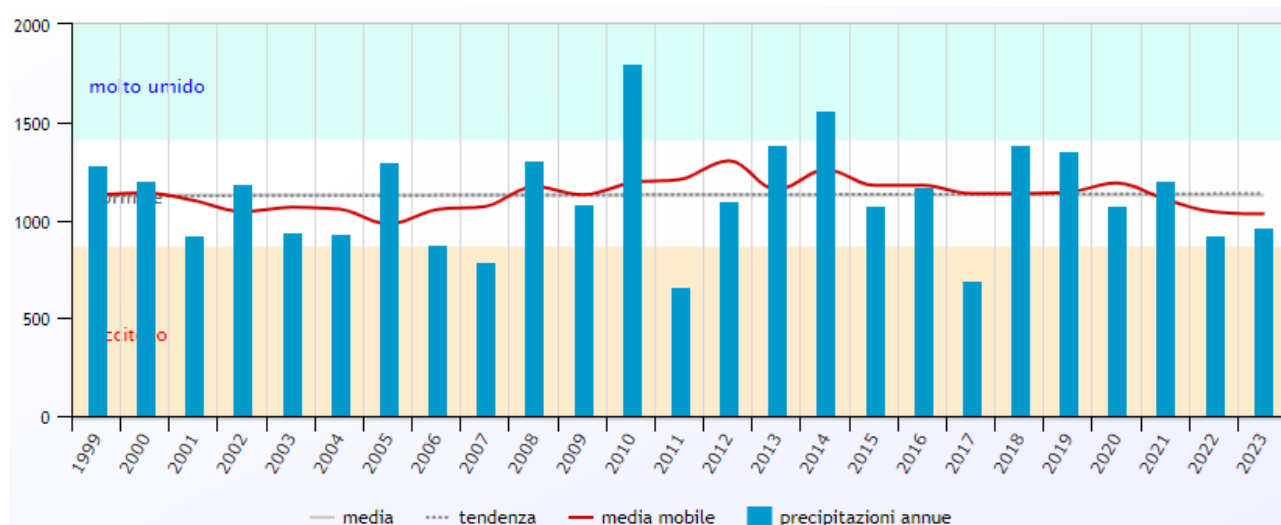


Fonte: www.castelnuovometeo.it, 2023

Precipitazioni

La seguente Figura 2.2 mostra l'accumulo in millimetri di precipitazioni registrato nel comune di Castelnuovo di Val di Cecina tra l'anno 1999 ed il 2023. Le precipitazioni medie annue sono comprese tra i 1000 e i 1200 mm, con il 2010 come anno più piovoso.

Figura 2.2 Precipitazioni (mm) in Castelnuovo di Val di Cecina

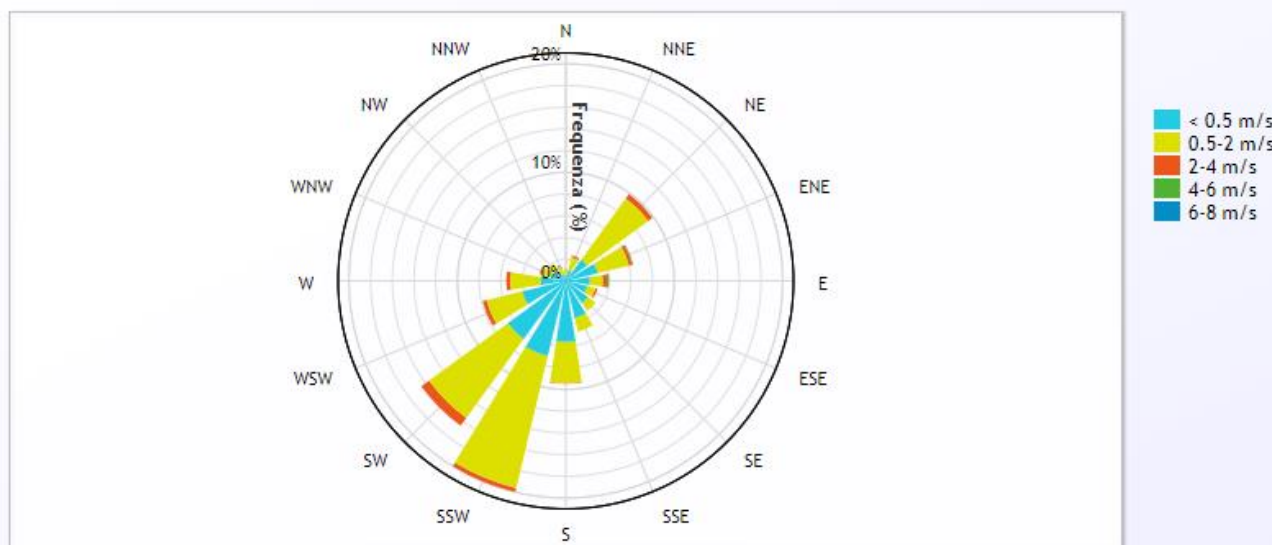


Fonte: www.castelnuovometeo.it, 2023

Velocità e direzione del vento

Analizzando la rosa dei venti per il comune di Castelnuovo di Val di Cecina, riportate in Figura 2.3, si può osservare che la media tra il 2008 e il 2023, i venti principali sono senza dubbio quelli di provenienza sud-sud-occidentale; bisogna tenere conto del fatto che questi venti coincidono spesso con le brezze marittime occidentali che caratterizzano il regime anticiclonico estivo ma che, a causa dell'ostacolo orografico del poggio di Castelnuovo, tendono ad essere deviati da sud-ovest. Altri venti molto frequenti sono quelli provenienti dai settori orientali, che spirano con una certa continuità soprattutto nel periodo autunno/inverno. Meno frequenti sono i venti meridionali (ostro e scirocco) che precedono talvolta le perturbazioni atlantiche. I venti di provenienza nord-occidentale e settentrionale sono invece alquanto rari. Anche le calme sono sporadiche e generalmente si verificano solo nella stagione fredda. Per quanto riguarda l'intensità del vento è stato misurato a partire dal 2001 ad un'altezza di circa 10 m da terra (sul tetto dell'abitazione) e poi a partire dall'agosto 2007 a 3 m dal suolo (Sorbo); ho riscontrato a 10 m una velocità media di 3.8 nodi, mentre a 3 m, nonostante la maggiore altitudine, la velocità cala drasticamente a 2.2 nodi. La raffica di vento più violenta è stata misurata nel gennaio 2007 (76 km/h). Da segnalare che comunque la forza del vento varia sensibilmente da una zona all'altra del paese, a causa della diversa morfologia del territorio (e l'ubicazione della stazione è sicuramente non particolarmente ventosa).

Figura 2.3 Velocità (km/h) e direzione del vento nel comune di Castelnuovo di Val di Cecina



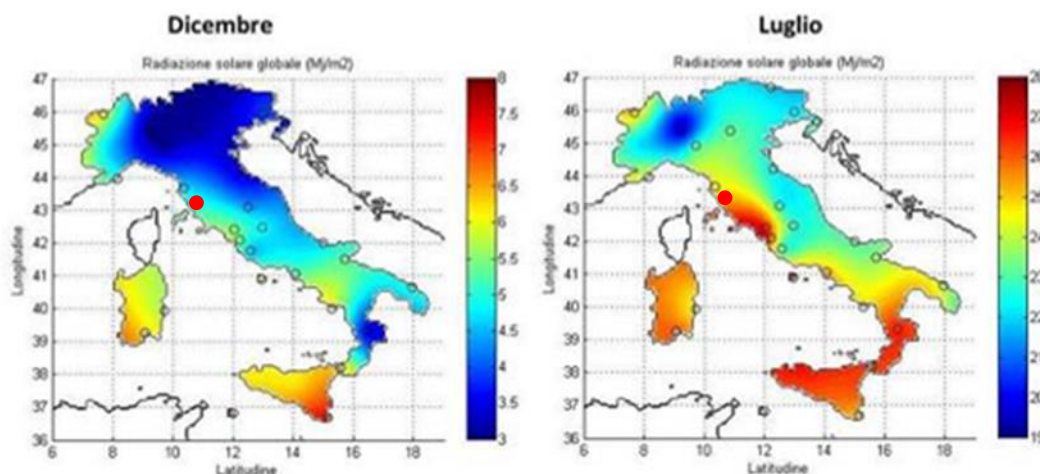
Fonte: www.castelnuovometeo.it, 2023

Radiazione Solare

Per un'analisi dei livelli di radiazione solare globale e della durata del soleggiamento, per l'Area Vasta sono stati utilizzati i dati forniti dal Servizio Meteorologico dell'Aeronautica Militare nella pubblicazione "La Radiazione solare globale e la durata del soleggiamento in Italia dal 1991 al 2010".

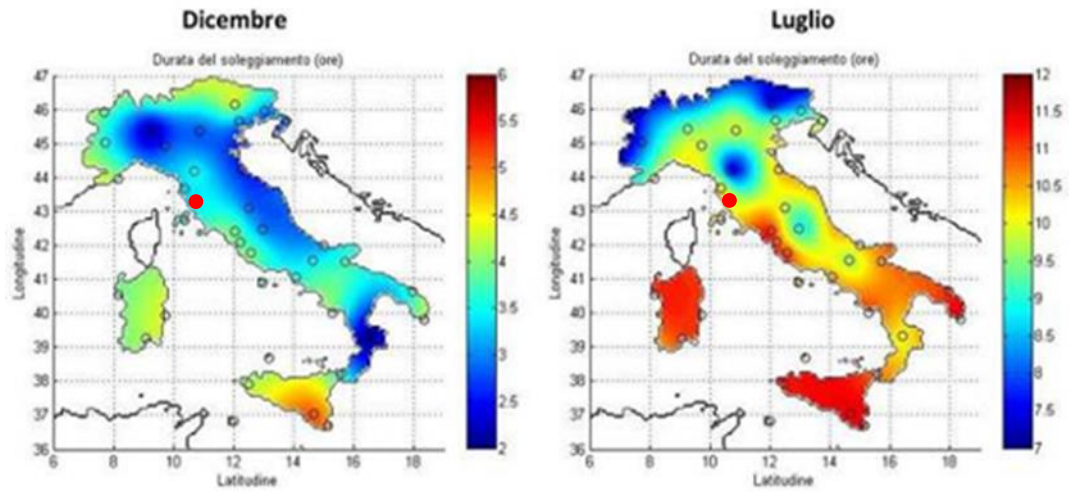
In Figura 2.4 e Figura 2.5 sono riportate le mappe di radiazione solare globale e di durata del soleggiamento a livello nazionale per i mesi di dicembre e luglio, rappresentativi rispettivamente dei livelli minimi e massimi dei due parametri.

Figura 2.4 Mappa della Distribuzione Nazionale dei Livelli di Radiazione Solare (Mj/m^2), Periodo 1991-2010



Fonte: Servizio Meteorologico dell'Aeronautica Militare, "La Radiazione solare globale e la durata del soleggiamento in Italia dal 1991 al 2010", 2011

Figura 2.5 Mappa della Distribuzione Nazionale dei Livelli di Durata del Soleggiamento (ore), Periodo 1991-2010



Fonte: Servizio Meteorologico dell'Aeronautica Militare, "La Radiazione solare globale e la durata del soleggiamento in Italia dal 1991 al 2010", 2011

Complessivamente, sulla base dei dati su scala nazionale resi disponibili all'interno del Rapporto Statistico sul Solare Fotovoltaico predisposto dal GSE, l'area del progetto si inserisce in un contesto caratterizzato da un irraggiamento solare compreso tra 1.400 kWh/m² e 1.500 kWh/m² (Figura 2.6). Dalle mappe nazionali si evince una buona uniformità dei livelli di radiazione e soleggiamento per l'area regionale di interesse.

Figura 2.6 Energia solare accumulata nel 2023 in Italia



Fonte: Rapporto Statistico 2022 Solare Fotovoltaico, GSE, 2024

Qualità dell'Aria

Normativa Nazionale di Riferimento

La normativa relativa agli standard di qualità dell'aria in Italia nasce con il *D.P.C.M. 28/03/1983* relativamente ad alcuni parametri, modificati successivamente dal *D.P.R. 203 del 24/05/1988* che, recependo alcune Direttive Europee, ha introdotto oltre a nuovi valori limite, i valori guida, intesi come "obiettivi di qualità" cui le politiche di settore devono tendere. A queste si sono susseguiti una serie di decreti che hanno definito livelli e limiti, presentati di seguito:

- Decreto del Ministro dell'Ambiente del 15/04/1994 (aggiornato con Decreto del Ministro dell'Ambiente del 25/11/1994)
- D.Lgs. 351 del 04/08/1999
- D.M. 60 del 2 Aprile 2002
- D.Lgs. 183 del 21/05/2004



- D.Lgs. 152 del 03/04/2006

La parte V (Norme in materia di tutela dell'aria e di riduzione delle emissioni in atmosfera) di tale Decreto, noto come Testo Unico Ambientale, abroga il *D.P.R. 203 del 24/05/1988* precedentemente descritto.

Il Decreto definisce, le caratteristiche merceologiche dei combustibili (precedentemente disciplinate con l'abrogato *D.P.C.M. 08/03/2002*) che possono essere utilizzati negli impianti che producono emissioni dando anche indicazioni riguardo i metodi di misura da utilizzare per determinarle.

Si precisa che il *D.Lgs. 152 del 2006* non modifica quanto stabilito dai precedenti decreti in materia di qualità dell'aria.

- D.Lgs. 152 del 03/08/2007

Per quanto riguarda i metalli pesanti e gli idrocarburi policiclici aromatici (IPA) si fa riferimento al *D.lgs. n. 152 del 3/8/2007*: "*Attuazione della direttiva 2004/107/CE concernente l'arsenico, il cadmio, il mercurio, il nichel e gli idrocarburi policiclici aromatici nell'ambiente*".

- D.Lgs. 120 del 26/06/2008

Il Decreto intitolato "*Modifiche ed integrazioni al decreto legislativo 3 agosto 2007, n. 152*", sostituisce l'*Allegato I al D.lgs. 152/2007*, mantenendo gli stessi valori obiettivo per arsenico, cadmio, nichel e benzo(a)pirene.

- D.Lgs. 155 del 13/8/2010

L'emanazione del *D.Lgs. 155/2010* di fatto armonizza la preesistente normativa in materia di qualità dell'aria riportando in un solo atto normativo i limiti di qualità dell'aria per tutti gli inquinanti.

Normativa Regionale di Riferimento

Come riportato nel Paragrafo 4.5.4, il Piano regionale per la qualità dell'aria ambiente (PRQA), previsto dalla L.R. 9/2010, è stato approvato dal Consiglio regionale con delibera consiliare 72/2018 e prevede l'applicazione di misure di mantenimento dei livelli attuali di qualità dell'aria. Il 13 marzo 2023 la Giunta Regionale della Toscana ha dato avvio all'iter per la formazione del nuovo Piano Regionale per la Qualità dell'Aria ambiente.

La caratterizzazione dei livelli di qualità dell'aria dell'area di progetto è stata ottenuta dalle prime elaborazioni dei dati 2023 sulla qualità dell'aria⁵, realizzate dalla Rete Regionale di Monitoraggio della Qualità dell'Aria della Regione Toscana. La Rete Regionale di Rilevamento, individuata dalla Regione Toscana in attuazione del D. Lgs. 155/2010, sulla base delle indicazioni comunitarie, è composta da 37 centraline e 2 mezzi mobili che misurano i principali inquinanti. Tali stazioni sono sia da traffico (urbana, suburbana) che di fondo (urbana, suburbana e rurale) e industriali (urbana, suburbana e rurale). La figura che segue riporta la zonizzazione aggiornata del territorio e la collocazione delle 37 stazioni di monitoraggio della RRQA.

Figura 2.7 Zonizzazione e Rete Regionale di rilevamento della Qualità dell'Aria



Fonte: ARPAT, 2021

La stazione più prossima all'impianto è ubicata nella provincia di Pisa, nei pressi di Pomarance e monitora i valori medi dei principali inquinanti atmosferici riportati in Tabella 2.1.

Tabella 2.1 Stazioni incluse nell'analisi di qualità dell'aria e relativi inquinanti monitorati

Nome stazione	Provincia	Tipologia di stazione	Inquinanti monitorati
PI - Montecerboli	Pisa	Fondo	PM ₁₀ , NO ₂ , O ₃ , H ₂ S

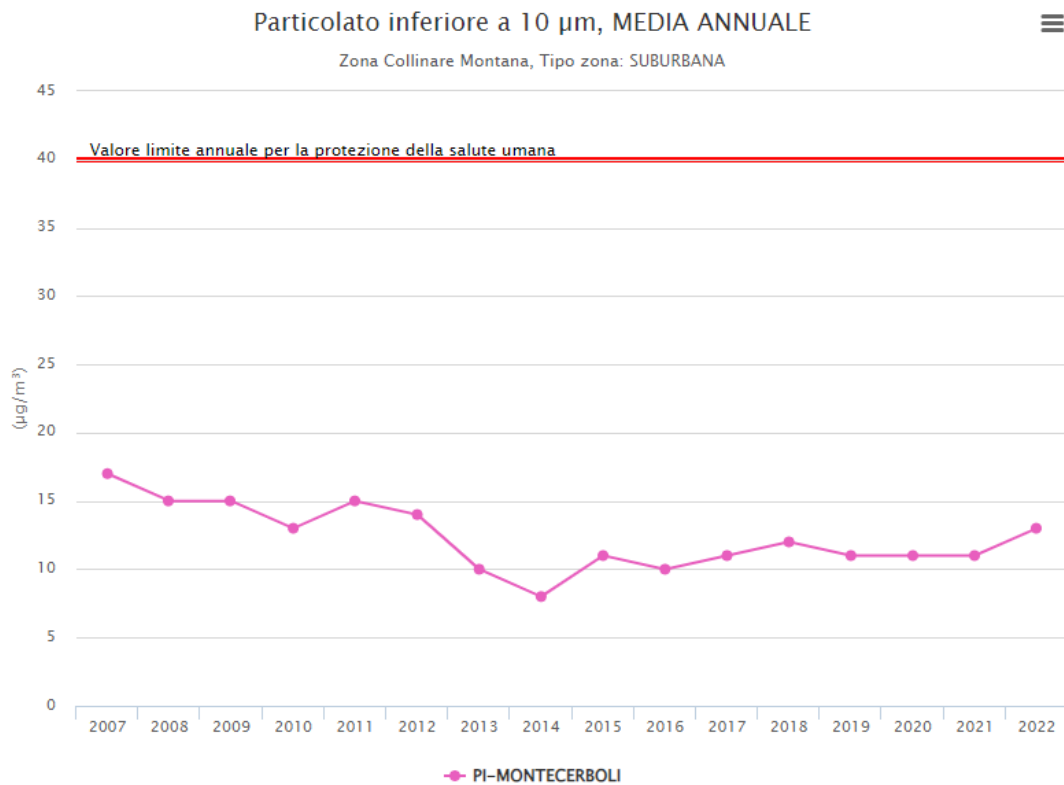
Nel seguito della presente sezione sono presentate le prime elaborazioni disponibili per il 2023 per la Regione Toscana, che hanno preso in considerazione gli inquinanti storicamente più critici ovvero PM, NO₂ e O₃. In aggiunta a questi sono presentati come indicatori della qualità dell'aria anche CO, benzene, IPA e metalli pesanti, disponibili per il 2023.

I valori degli indicatori sono valutati rispetto al D.Lgs 155/2010, che in Italia rappresenta la normativa vigente.

PM₁₀

Il valore limite relativo alla media annuale di PM₁₀, imposto dal D.Lgs. 155/2010, è di 40 µg/m³, come mostrato in Figura 2.8. Analizzando la media annuale della stazione sopra citata si nota come la concentrazione maggiore sia stata raggiunta nel 2007 ma sempre con valori al di sotto del limite annuale per la protezione della salute umana.

Figura 2.8 PM10 - Valore Medio Annuo

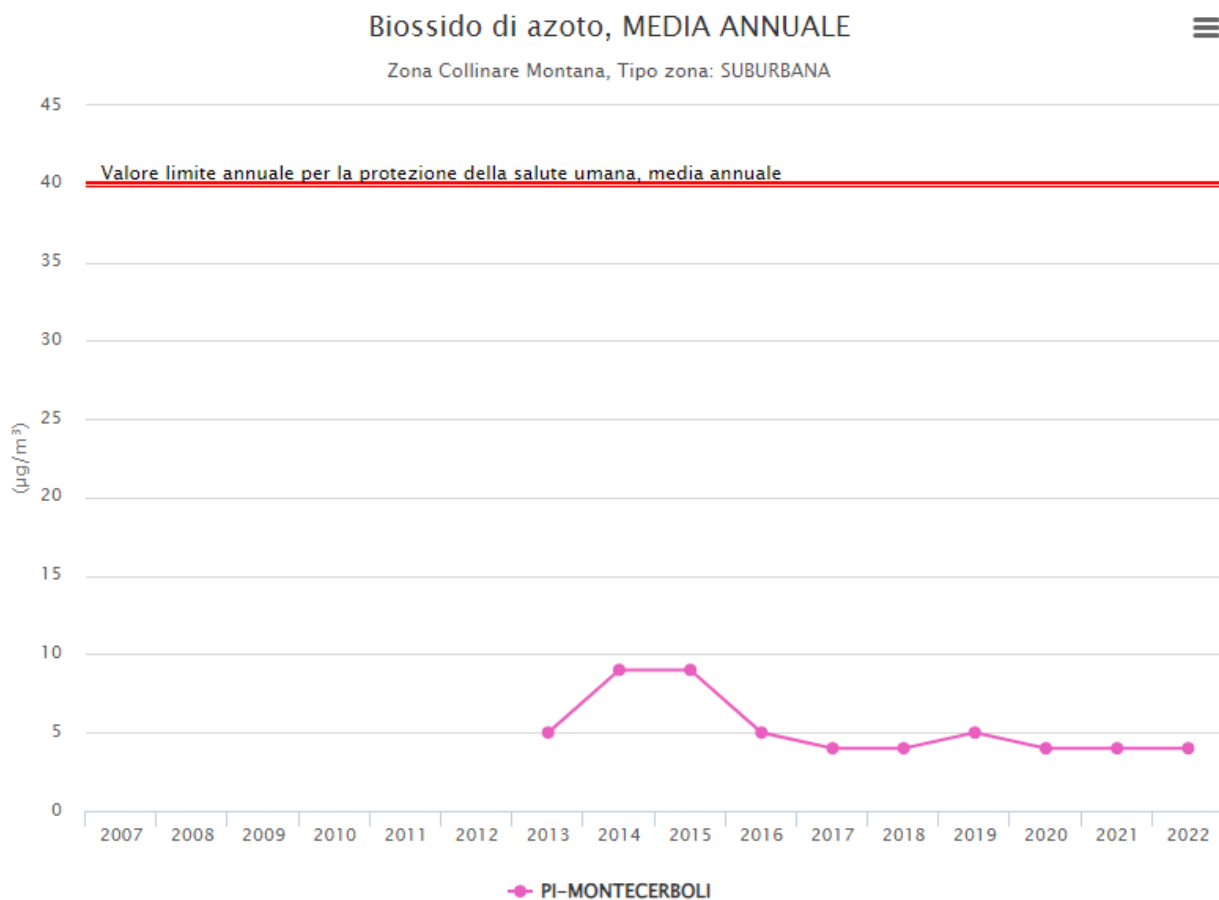


Fonte: ARPAT, 2024

NO₂

Per il biossido di azoto il valore limite annuale imposto dal D.Lgs. 155/2010 è di 40 µg/m³ e fino al 2022 è stato molto al di sotto del valore limite annuale per la protezione della salute umana, con un leggero aumento nel 2014 e 2015 (Figura 2.9).

Figura 2.9 NO₂- Valore Medio Annuo



Fonte: ARPAT, 2024

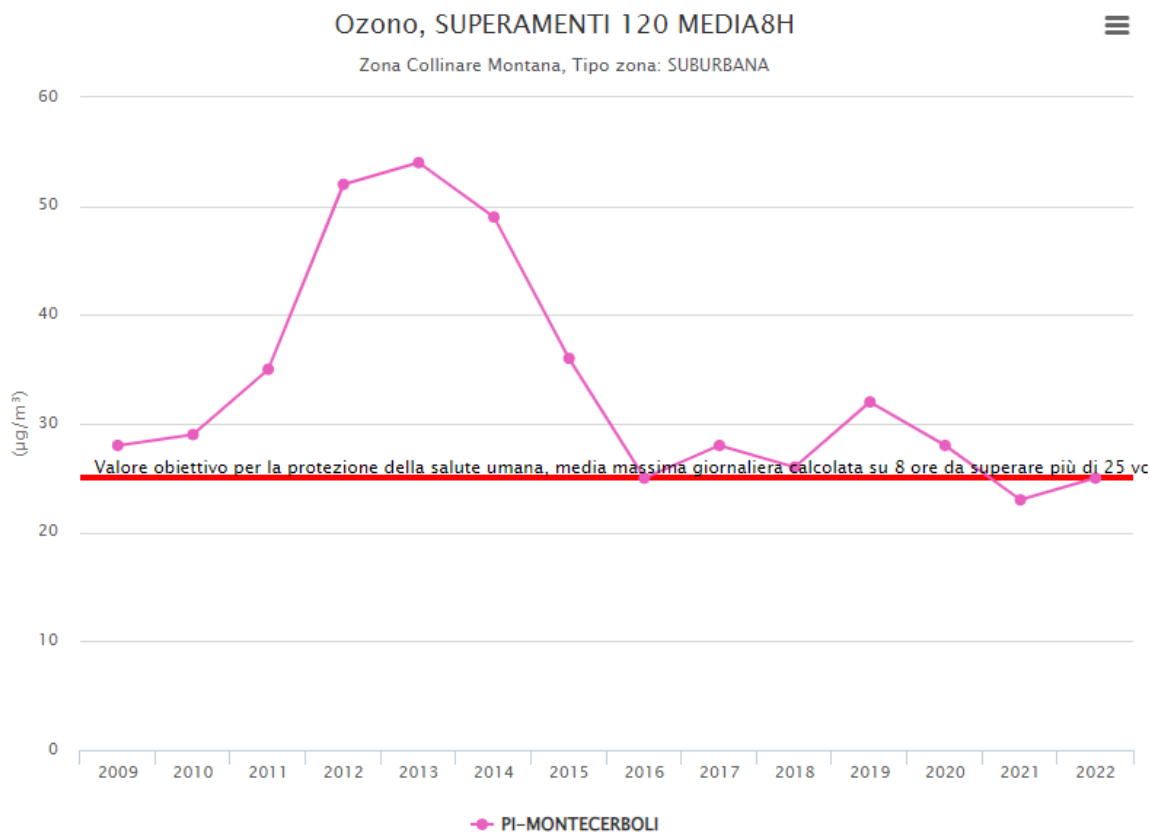
O₃

L'ozono rappresenta il parametro più critico per la regione Toscana.

A causa dell'importante influenza che le condizioni meteorologiche, in particolare l'irraggiamento solare estivo, esercitano sulla formazione di questo inquinante, gli indicatori di O₃ subiscono grandi variazioni di anno in anno, per questo il valore obiettivo è definito come valore medio degli ultimi tre anni.

Come si nota dalla Figura 2.10, considerando il valore obiettivo per la protezione della salute umana, stimato su una media massima giornaliera calcolata su 8 ore da superare più di 25 volte per anno, le concentrazioni per anno dal 2009 al 2022, solo nel 2021 sono stati al di sotto del valore di soglia.

Figura 2.10 O3 – Valore obiettivo salute e superamenti della media mobile su 8 ore



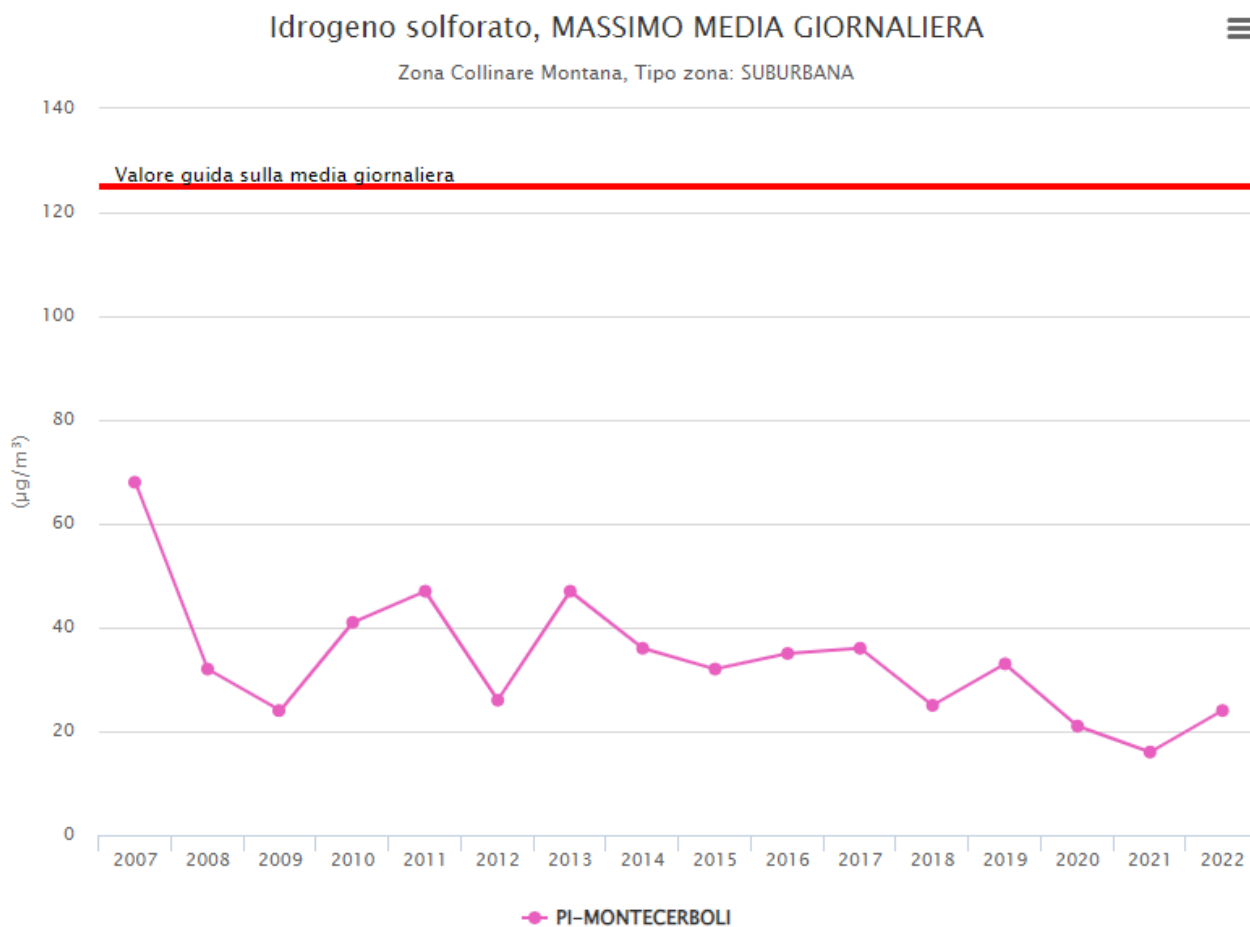
Fonte: ARPAT, 2024

H₂S

Per l'idrogeno solforato, il valore guida sulla media giornaliera corrisponde a 125 µg/m³.

Come si nota dalla Figura 2.11, i valori per questo indicatore della qualità dell'aria si trovano tutti al di sotto della soglia media giornaliera stabilita dal 2007 fino al 2022.

Figura 2.11 Massime Media Giornaliera H2S



Fonte: ARPAT, 2024

2.2 Topografia

Il modello digitale del terreno di riferimento è quello fornito dal Geoportale della Regione Toscana – SITA Cartoteca, avente risoluzione spaziale 1m x 1m; per ulteriore verifica è stato anche consultato attraverso il portale dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV), dal progetto "Tinality", il modello digitale del terreno con una risoluzione spaziale 10x10 metri.

È stato, inoltre effettuato rilievo topografico di dettaglio dell'area di progetto con restituzione di DTM dell'area catastale in oggetto.

2.3 Geologia, idrologia e geotecnica

Al fine di poter affrontare in modo completo tutti gli argomenti relativi alla presente fase di progettazione, sono stati analizzati in dettaglio gli aspetti geologici-geotecnici e idrologici. Nei seguenti paragrafi sono riportati alcuni estratti. Per l'analisi dettagliata si rimanda alle relazioni tecnico-specifiche:

- 3162_6245_VE_VIA_R04_R00_Relazione Geologica e Geotecnica
- 3162_6245_VE_VIA_R05_R00_Relazione Idrologica e Idraulica

2.3.1 Inquadramento geologico e geomorfologico

Le zone interessate dall'impianto sono situate nella *fascia interna o peri-tirrenica dell'Appennino settentrionale*.

Nell'evoluzione tettonica del sistema Tirreno-Appennino si distinguono due fasi principali:

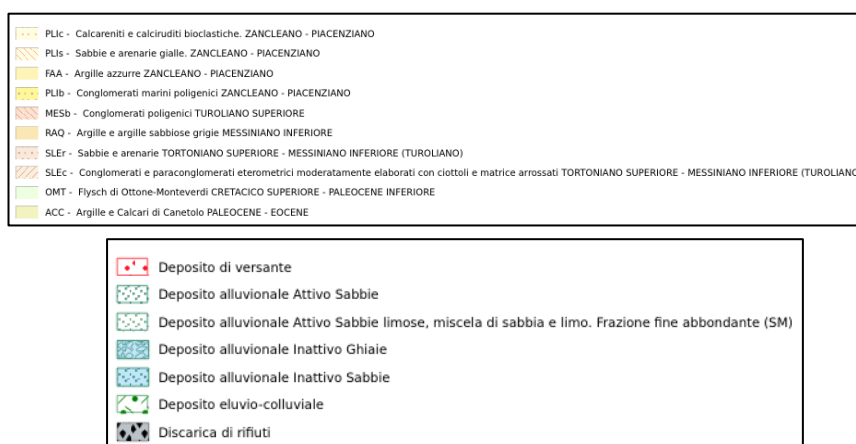
- la prima, in regime tettonico *compressivo*, porta alla costruzione dell'edificio a falde della catena appenninica attraverso la sovrapposizione della copertura sedimentaria con raccorciamento crostale e impilamento delle varie unità (Cretaceo medio Miocene superiore);
- la seconda è caratterizzata, nella parte interna della catena, da una tettonica *distensiva* che disloca le strutture preesistenti attraverso la formazione di faglie dirette (Miocene superiore Quaternario).

Come riportato nella carta geologica della Regione Toscana (Figura 2.12) i terreni affioranti all'interno delle aree oggetto d'indagine sono rappresentati da formazioni sedimentarie marine di età pliocenica, ascrivibili al *Complesso Neoautoctono*: nello specifico, trattasi di argille e argille siltose grigio-azzurre (*FAA*), di origine marina e localmente fossilifere, con intercalazioni sabbioso-limose. Estesi affioramenti si individuano proprio nei pressi delle aree oggetto d'indagine, lungo il torrente Turbone e il fiume Cornia, dove spesso danno luogo ad importanti forme calanchive.

Limitate porzioni sono caratterizzate dalla presenza di *depositi alluvionali olocenici a granulometria prevalentemente sabbiosa*, legati all'attività del fiume Cornia, e di *depositi eluvio-colluviali* composti da materiale eterogeneo di alterazione che ha subito un limitato trasporto di origine gravitativo o per ruscellamento.



Figura 2.12: Estratto della Carta geologica, con ubicazione delle aree in esame (poligono rosso) – Regione Toscana - DB Geologico.



La geomorfologia che si riscontra all'interno e nell'intorno delle aree di impianto è caratterizzata dalla presenza di vari dissesti superficiali (scivolamenti rotazionali/traslativi), frane quiescenti (con velocità indeterminata) ed attive con tempi di ritorno pluriennale, aree soggette a frane superficiali diffuse, orli di scarpata di frana - di degradazione ed antropici, e forme erosive legate al fiume Cornia come terrazzi/orli di scarpata fluviali.

Nello specifico, come riportato nella *Carta Geomorfologica* contenuta all'interno del sito di Regione Toscana-DB Geomorfologico, all'interno delle aree oggetto della presente relazione sono presenti forme geomorfologiche come scivolamenti superficiali localizzati e limitati orli di scarpata di erosione, oltre che depositi alluvionali inattivi a granulometria principalmente sabbiosa e depositi eluvio-colluviali, che hanno subito un limitatissimo trasporto, ma che potrebbero essere riattivati parzialmente da importanti eventi di precipitazione atmosferiche.

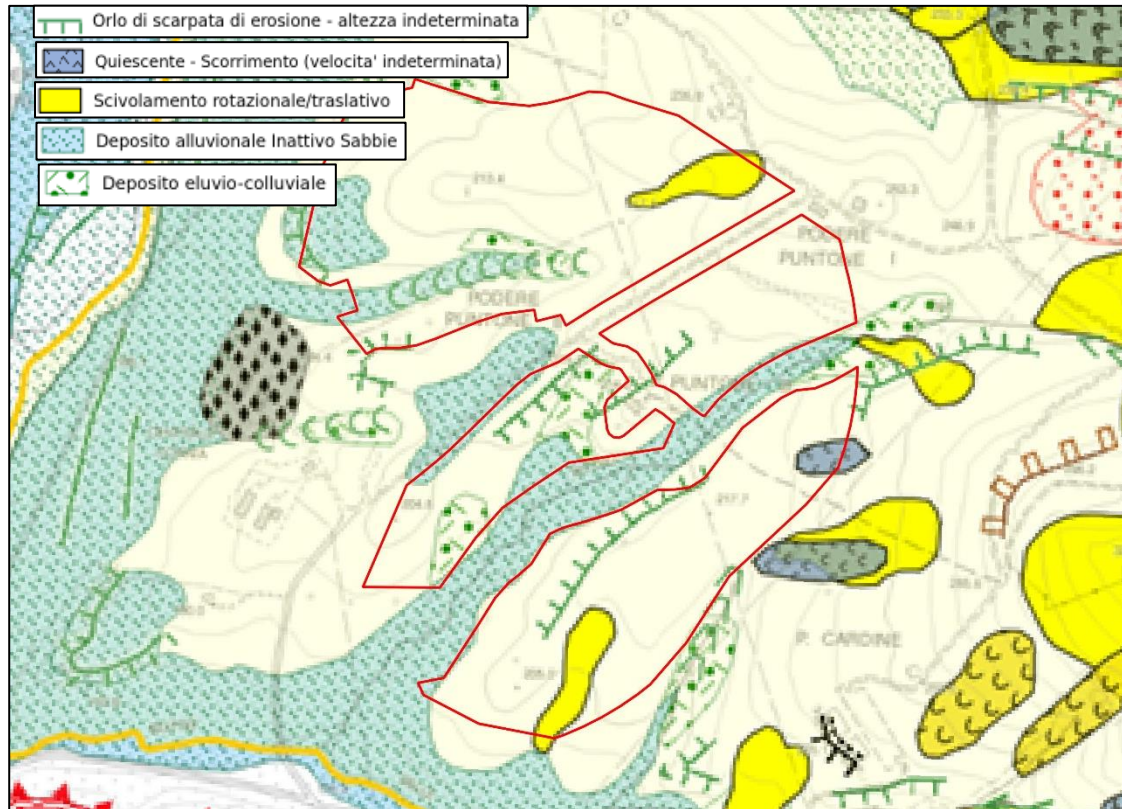


Figura 2.13: Estratto della Carta geomorfologica, con ubicazione delle aree in esame (poligono rosso) – Regione Toscana | DB Geomorfologico.

2.3.2 Inquadramento idrogeologico e idrografico

Gli aspetti idrogeologici rilevanti dell'area in esame sono legati prevalentemente alla soggiacenza della falda ed alle sue oscillazioni nel tempo.

Sulla base del contesto geologico e geomorfologico sopra descritto, le aree in esame non sono interessate dallo sviluppo di strutture idrogeologiche contenenti una vera e propria falda, ma vi è la possibilità che si sviluppino *falde temporanee/effimere* o *piccole sorgenti* all'interno dei depositi sopradescritti in seguito a periodi di intense e/o prolungate precipitazioni.

Le indagini geognostiche, condotte tra 8 e 9 luglio 2024, non rilevano la presenza d'acqua nel sottosuolo fino ad una profondità di circa 8,1 metri dal piano campagna.

Relativamente alla componente idrografica, il territorio della Regione Toscana è ricompreso in tre distretti idrografici, identificati in Figura 2.14

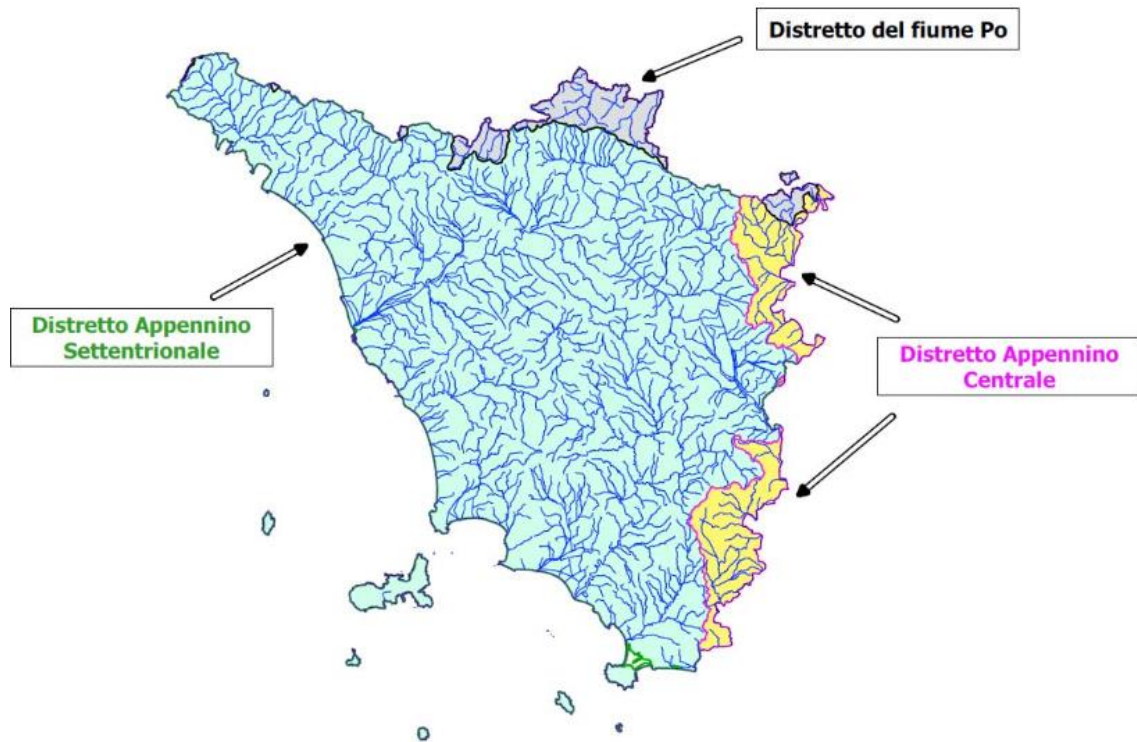


Figura 2.14: Distretti idrografici nel territorio della Regione Toscana

L'area di impianto ricade all'interno del bacino Toscana Costa (Figura 2.15). L'UoM Toscana Costa rappresenta uno degli otto bacini della Toscana ricompresi nel Distretto idrografico dell'Appennino Settentrionale: Arno (bacino nazionale), Magra, Fiora, Marecchia-ConCa e Reno (bacini interregionali), Toscana Nord, Toscana Costa e Ombrone (bacini regionali).

Il bacino Costa Toscana è diviso in quattro sottobacini: Cecina, Cornia, Pecora e Fine. I due sottobacini più importanti sono il Cecina ed il Cornia, che rispettivamente si estendono su una superficie pari a 765 km² e 435 km².

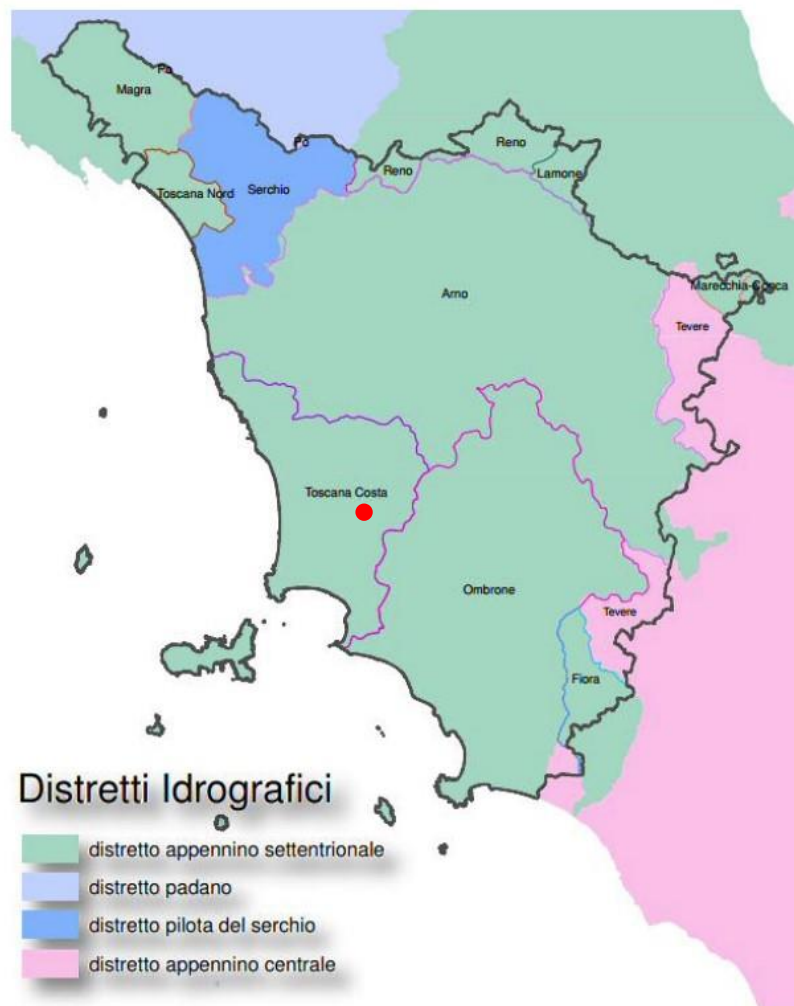


Figura 2.15: Distretti idrografici e bacini principali nella Regione Toscana, in rosso l'area di impianto

L'UoM Toscana Costa copre un territorio compreso tra il bacino del Fiume Arno a Nord e ad Est, del Fiume Bruna a Sud ed il mar Tirreno ad Ovest. Rientrano nel territorio Toscana Costa anche le isole dell'arcipelago toscano. La superficie dell'UoM è pari a circa 2730 Km².

Nello specifico, l'area di progetto si trova tra il fiume Cornia a est, il Botro della Gallinella a nord, il Botro delle Gorghe a sud e il Botro dei Mulini che attraversa l'area tra le superfici S2, S3 e S4, come mostrato nella Figura 2.16.

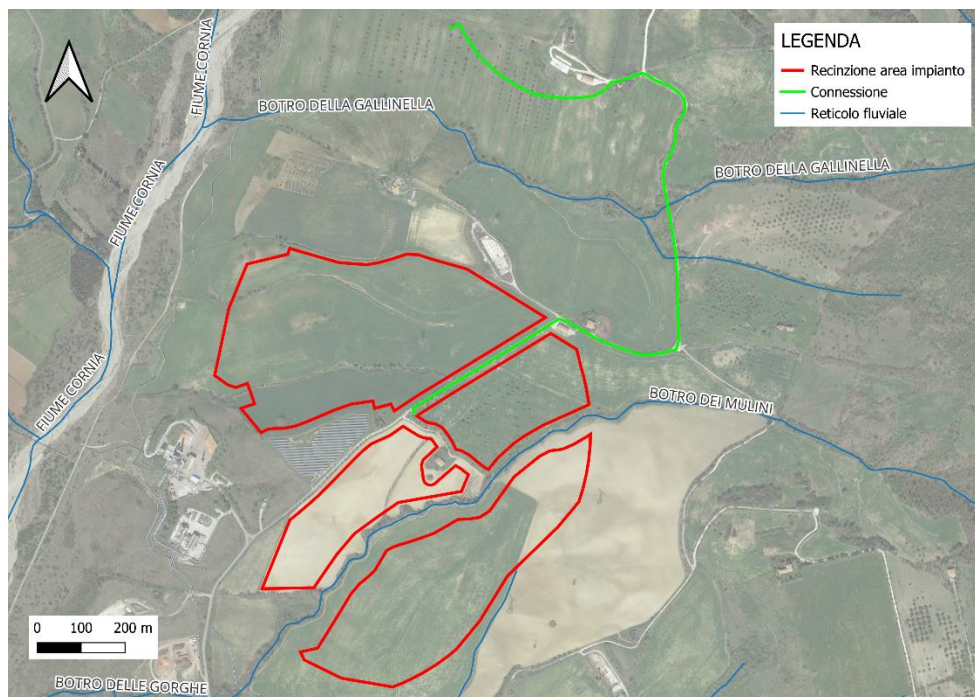


Figura 2.16: Reticolo fluviale, in rosso l'area di impianto e in verde il cavidotto di connessione

2.3.3 Caratterizzazione sismica

Con Deliberazione GRT n. 421 del 26/05/2014 (pubblicata sul BURT n. 22 del 04.06.2014 Parte Seconda), il territorio comunale di Castelnuovo di Val di Cecina appartiene alla zona sismica 3 (Figura 2.17).

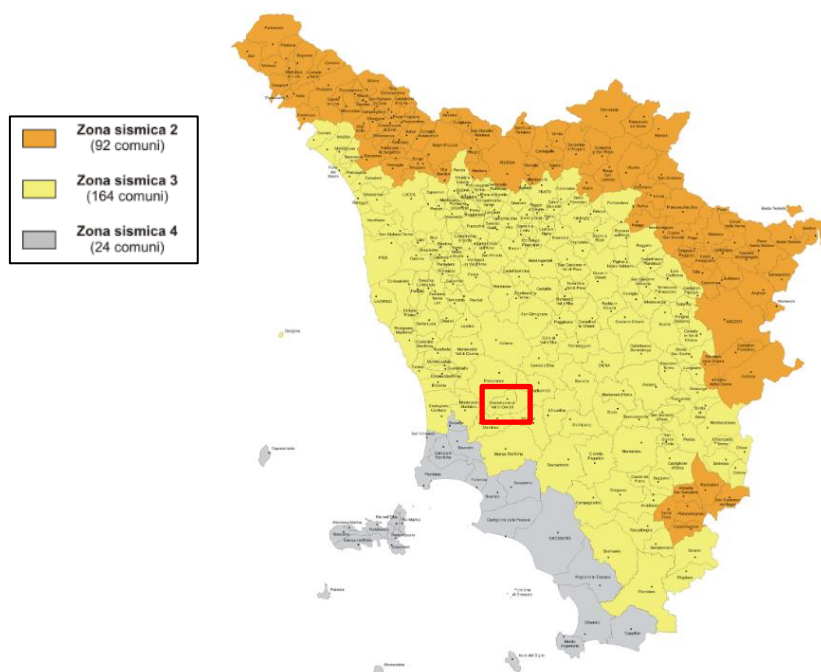


Figura 2.17: Classificazione sismica di regione Toscana, con ubicazione del comune in esame (rettangolo rosso).

Per la definizione delle caratteristiche sismiche dei terreni che costituiscono il sottosuolo delle aree in esame in grado di modificare, amplificando, la pericolosità sismica di base (PSB), si è proceduto ad effettuare n.2 stendimenti sismici con la metodologia MASW.

Attraverso le indagini geofisiche si è ricostruito l'andamento con la profondità della velocità delle onde sismiche di taglio (o modello sismico monodimensionale), mostrato in Figura 2.17.

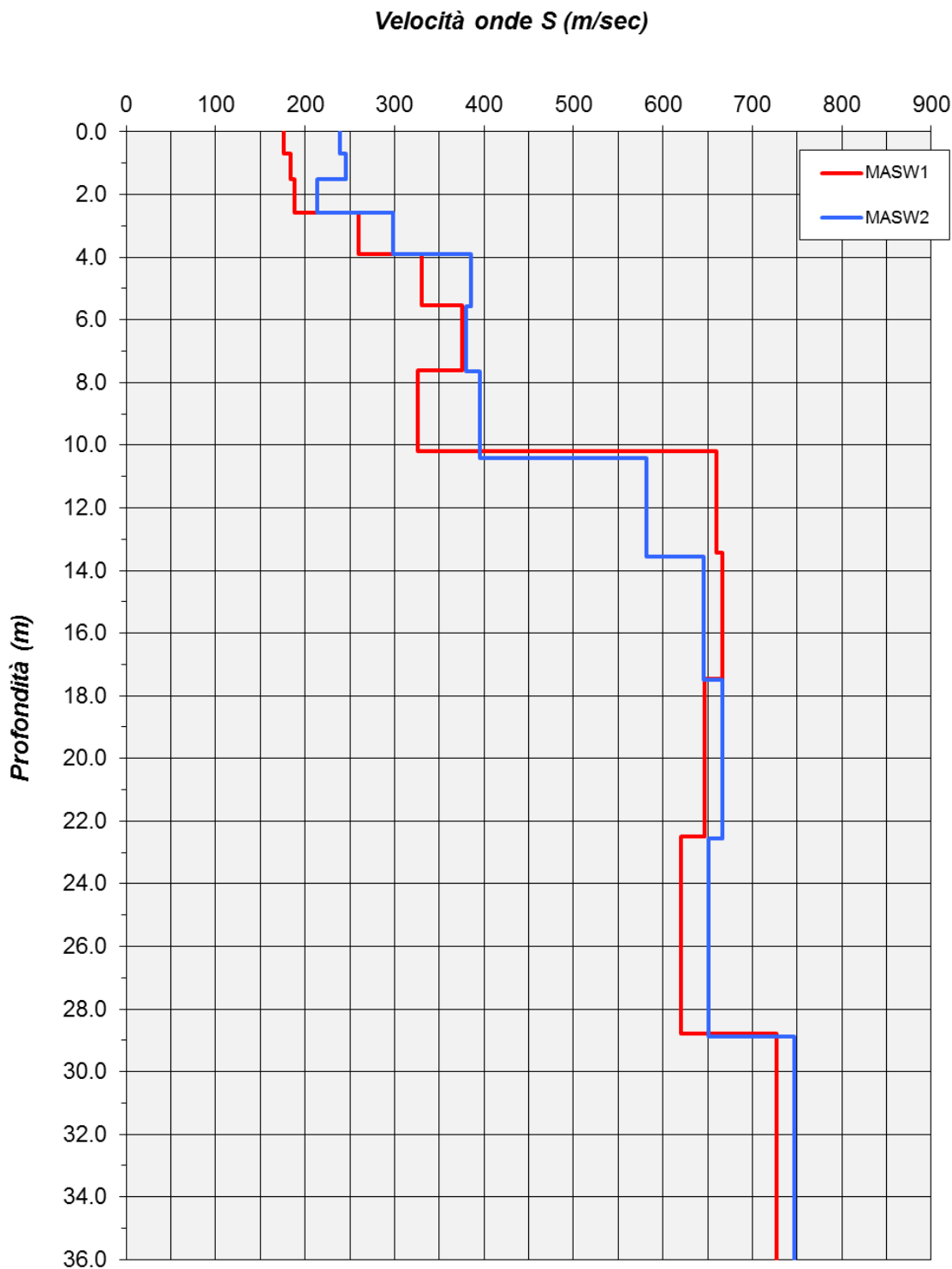


Figura 2.18: Andamento delle velocità delle onde S con la profondità ricavato dall'analisi delle prove MASW.

È quindi stato possibile identificare l'area di impianto come categoria B di sottosuolo, ovvero costituito da Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto

consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.

Contestualmente è stata condotta un'analisi del potenziale di liquefazione del terreno. In particolare, la liquefazione è un fenomeno associato alla perdita di resistenza al taglio o ad un accumulo di deformazioni plastiche in terreni saturi, prevalentemente sabbiosi, sollecitati da azioni dinamiche (terremoti) che agiscono in condizioni non drenate.

L'analisi della suscettibilità alla liquefazione di un dato sito dipende da:

- caratteristiche dell'azione sismica (intensità e durata);
- proprietà geotecniche dei terreni;
- caratteristiche litologiche dei terreni e profondità della falda.

La liquefazione di un deposito è dunque il risultato dell'effetto combinato di due principali categorie di fattori: le condizioni del terreno (fattore predisponente) e la sismicità (fattore scatenante). Ai sensi delle NTC18 (Cap. 7.11.3.4.2) la verifica della liquefazione può essere omessa qualora si manifesti almeno una delle seguenti condizioni:

- Accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizione di campo libero) $<0.10g$;
- Profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna;
- Depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N1)_{60} > 30$ oppure $qc_{1n} > 180$;
- Distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Figura 2.19 nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3.5$ e nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3.5$.

Per l'area in esame risulta:

- Accelerazione massima orizzontale $a_{max} = 0.145g$ (ED50: Lat 43.167313 - Long 10.816542; $a_{max} = a_g * S$ – condizione SLV, $V_R = 50$ anni, categoria sottosuolo = B, categoria topografica = T1);
- Magnitudo di riferimento $M_W = 6.14$ (zona sismogenetica 921 "Etruria");
- Falda di calcolo (m di profondità da p.c.) > 8.1 m.
- Terreni del sottosuolo = limi ed argille (terreni coesivi).

Sulla base delle caratteristiche litologiche medie dei terreni che costituiscono il sottosuolo delle aree in esame, si può ipotizzare che il rischio di liquefazione in condizioni sismiche sia molto basso/trascurabile.

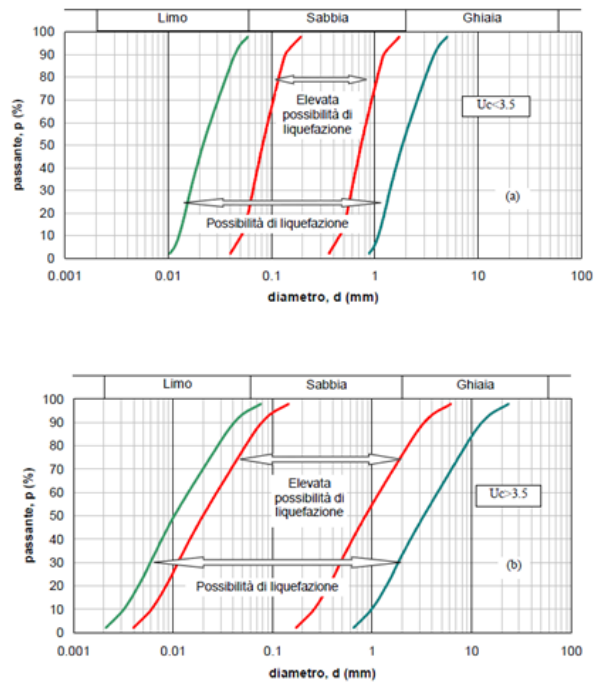


Figura 2.19: Fasce granulometriche per la valutazione preliminare della suscettibilità alla liquefazione di un terreno per i terreni a granulometria uniforme (a) ed estesa (b).

3. STATO DI PROGETTO

3.1 CRITERI DI PROGETTAZIONE

I criteri con cui è stata realizzata la progettazione definitiva dell'impianto agrivoltaico fanno riferimento sostanzialmente a:

- scelta preliminare della tipologia impiantistica, ovvero impianto agrivoltaico con doppia tipologia di strutture: a terra tipo fisso con tecnologia moduli bifacciali;
- ottimizzazione dell'efficienza di captazione energetica realizzata mediante orientamento a Sud (Azimut 0°) dei moduli su struttura fissa e orientamento dinamico dei moduli posizionati su strutture mobili;
- disponibilità delle aree, morfologia ed accessibilità del sito acquisita sia mediante sopralluoghi che rilievo topografico di dettaglio.
- rispetto dei vincoli presenti sull'area nella predisposizione del layout finale;

Oltre a queste assunzioni preliminari si è proceduto tenendo conto di:

- rispetto delle leggi e delle normative di buona tecnica vigenti;
- soddisfazione dei requisiti di performance dell'impianto;
- conseguimento delle massime economie di gestione e di manutenzione degli impianti progettati;
- ottimizzazione del rapporto costi/benefici;
- impiego di materiali componenti di elevata qualità, efficienza, lunga durata e facilmente reperibili sul mercato;
- riduzione delle perdite energetiche connesse al funzionamento dell'impianto, al fine di massimizzare la quantità di energia elettrica immessa in rete.

3.2 DISPONIBILITÀ DI CONNESSIONE

La soluzione tecnica minima generale (STMG) di connessione è stata elaborata ed emessa da Terna S.p.a. con codice pratica (CP) 202304161 e accettata dalla società GREEN FROGS VECCHIENNA S.r.l.

La Soluzione Tecnica Minima Generale elaborata da Terna prevede che l'impianto venga collegato in antenna a 132 kV su una nuova Stazione Elettrica (SE) della RTN a 132 kV da inserire in entra – esce alla direttrice RTN a 132 kV "Nuova Lagoni Rossi - Le Prata Al – Valle Secolo", previa realizzazione degli interventi 345-P e 349-P del Piano di Sviluppo Terna.

3.3 LAYOUT DI IMPIANTO

L'area dedicata all'installazione dei pannelli fotovoltaici è suddivisa in 3 sezioni denominate S1, S2, S3 ed S4; i dettagli relativi alla potenza, alla tipologia e al numero di strutture e ai moduli presenti in ciascuna sezione sono riportati nella Tabella 3.1.



Tabella 3.1 - Descrizione Layout suddiviso per sezioni di impianto

IMPIANTO	STRUTTURA	N. MODULI X STRUTTURA	N. STRUTTURE	N. MODULI COMPLESSIVI	POTENZA MODULO (W _p)	POTENZA COMPLESSIVA (MW _p)
SEZIONE S1	TIPO 1: 2x7	14	42	588	695	0,41
	TIPO 2: 2x14	28	595	16.660	695	11,58
TOTALE SEZ S1				17.248		11,99
SEZIONE S2	TIPO 1: 2x7	14	14	196	695	0,14
	TIPO 2: 2x14	28	242	6.776	695	4,71
TOTALE SEZ S2				6.944		4,83
SEZIONE S3	TIPO 1: 2x7	14	22	308	695	0,21
	TIPO 2: 2x14	28	235	6.580	695	4,57
TOTALE SEZ S3				6.888		4,78
SEZIONE S4	TIPO 1: 2x7	14	26	364	695	0,25
	TIPO 2: 2x14	28	624	17.472	695	12,14
TOTALE SEZ S4				17.836		12,39
TOTALE			1.799	48.916		34,00

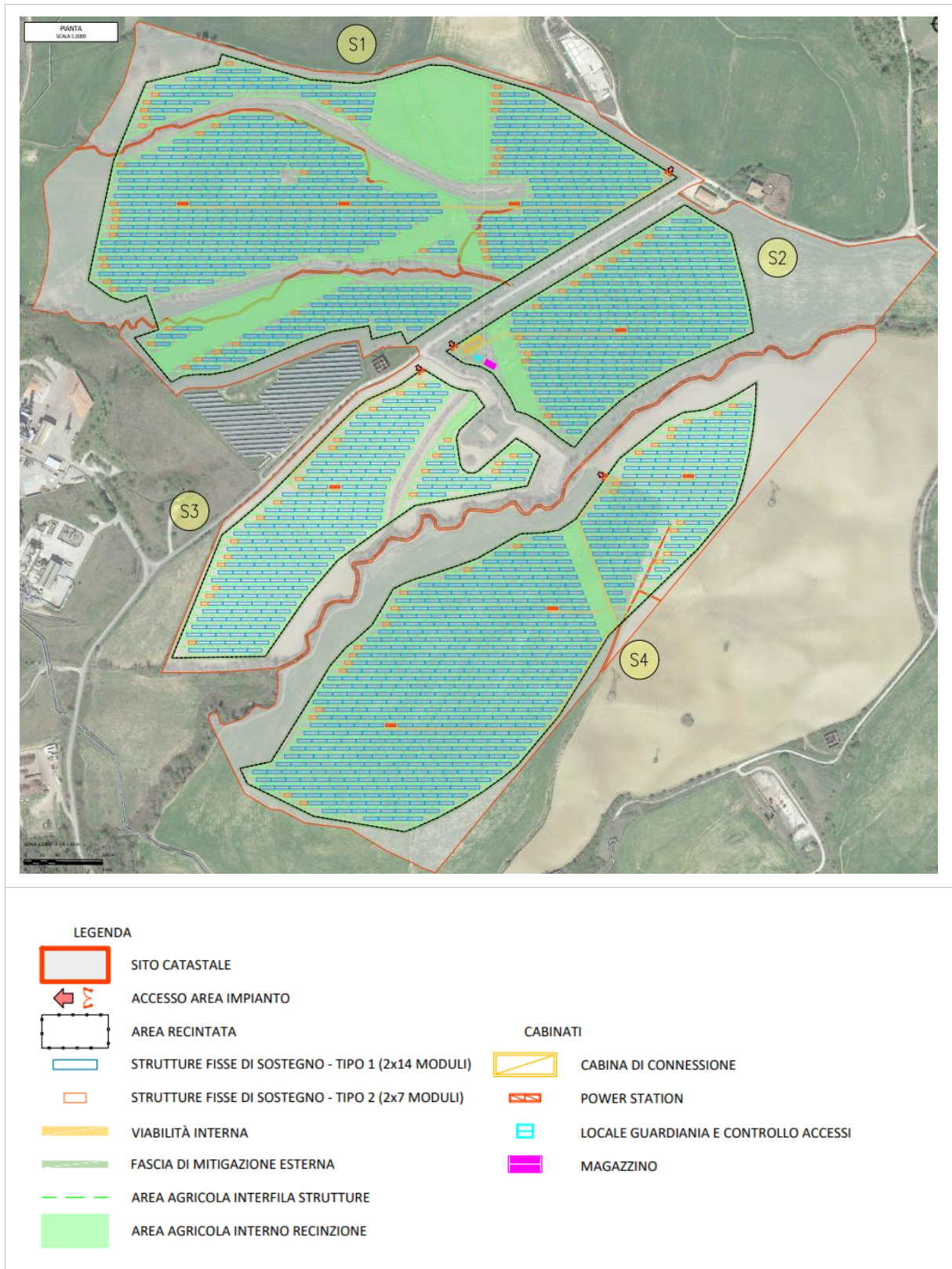


Figura 3.1 - Layout di impianto

3.4 DESCRIZIONE DEI COMPONENTI DELL'IMPIANTO AGRIVOLTAICO

L'impianto agrivoltaico con potenza nominale di picco pari a 34 MW è così costituito da:

- **n.1 Cabina di Connessione.** La cabina di connessione 30 kV sarà situata all'interno del campo FV e sarà connessa direttamente alla Cabina MT della SSEU. La struttura sarà di tipo monolitico e sarà suddivisa in vano quadri elettrici, per l'alloggiamento delle apparecchiature elettromeccaniche necessarie, vano misure destinato all'installazione dei gruppi di misura e di controllo e vano ausiliari, destinato all'installazione di un trasformatore da 160 kVA per l'alimentazione degli ausiliari. Nella stessa area all'interno delle cabine sarà presente il quadro QMT contenente i dispositivi generali DG di interfaccia DDI e gli apparati SCADA e telecontrollo. Il manufatto dovrà inoltre essere corredato di una vasca di fondazione prefabbricata anch'essa di tipo monolitico, utilizzata per il passaggio dei cavi elettrici in entrata e di uscita;
- **n. 8 Power Station.** Le Power Station avranno la duplice funzione di convertire l'energia elettrica da corrente continua a corrente alternata ed elevare la tensione da bassa tensione a livello di media tensione; esse saranno collegate tra di loro in configurazione radiale e in posizione più possibile baricentrica rispetto ai sottocampi fotovoltaici in cui saranno convogliati i cavi provenienti dagli inverter di stringa che a loro volta raccoglieranno i cavi provenienti dai raggruppamenti delle stringhe dei moduli fotovoltaici collegati in serie;
- n. 1.799 strutture fisse di supporto moduli, di cui:
 - n. 104 strutture con configurazione 2x7;
 - n. 1.695 strutture con configurazione 2x14.
- i moduli fotovoltaici saranno installati su apposite strutture metalliche di sostegno fondate su pali infissi nel terreno.

L'impianto è completato da:

- tutte le infrastrutture tecniche necessarie alla conversione DC/AC della potenza generata dall'impianto e dalla sua consegna alla rete di distribuzione nazionale;
- opere accessorie, quali: impianti di illuminazione, videosorveglianza, monitoraggio, cancelli e recinzioni.

L'impianto dovrà essere in grado di alimentare dalla rete tutti i carichi rilevanti (ad esempio: quadri di alimentazione, illuminazione).

Inoltre, in mancanza di alimentazione dalla rete, tutti i carichi di emergenza verranno alimentati da un generatore temporaneo di emergenza, che si ipotizza possa essere rappresentato da un generatore diesel.

Di seguito si riporta la descrizione dei principali componenti d'impianto; per dati di tecnici maggior dettaglio si rimanda alle relazioni e agli elaborati dedicati.

3.4.1 Moduli fotovoltaici

I moduli fotovoltaici utilizzati per la progettazione dell'impianto, saranno di prima scelta, del tipo silicio monocristallino a 132 celle, di tipologia bifacciale, indicativamente della potenza di 695 Wp, della marca **Trina Solar** dotati di scatola di giunzione (Junction Box) installata sul lato posteriore del modulo, con cavetti di connessione muniti di connettori ad innesto rapido, al fine di garantire la massima sicurezza per gli operatori e rapidità in fase di installazione.

I componenti elettrici e meccanici installati saranno conformi alle normative tecniche e tali da garantire le performance complessive d'impianto.

La tecnologia di moduli fotovoltaici utilizzata è progettata appositamente per impianti di grande taglia connessi alla rete elettrica ed è realizzata assemblando in sequenza diversi strati racchiusi da una cornice in alluminio anodizzato.

- vetro temperato con trattamento anti-riflesso;
- EVA (etilene vinil acetato) trasparente;
- celle FV in silicio monocristallino.

Di seguito si riporta la scheda tecnica del modulo fotovoltaico di progetto.

ELECTRICAL DATA (STC)

Peak Power Watts- P_{MAX} (Wp)*	670	675	680	685	690	695
Power Tolerance- P_{MAX} (W)	0 ~ +5					
Maximum Power Voltage- V_{MPP} (V)	39.2	39.4	39.6	39.8	40.1	40.3
Maximum Power Current- I_{MPP} (A)	17.09	17.12	17.16	17.19	17.23	17.25
Open Circuit Voltage- V_{OC} (V)	47.0	47.2	47.4	47.7	47.9	48.3
Short Circuit Current- I_{SC} (A)	18.10	18.14	18.18	18.21	18.25	18.28
Module Efficiency η_m (%)	21.6	21.7	21.9	22.1	22.2	22.4

STC: Irradiance 1000W/m², Cell Temperature 25°C, Air Mass AM1.5. *Measuring tolerance: $\pm 3\%$.

Figura 3.2: Scheda tecnica modulo fotovoltaico di progetto

Durante la fase esecutiva, sulla base della disponibilità a mercato dei componenti principali, la soluzione tecnologica fatta potrebbe variare per motivi non direttamente dipendenti dal Proponente.

3.4.2 Strutture di supporto moduli

Il progetto prevede l'impiego di una struttura metallica fissa su pali infissi nel terreno ed in grado di esporre il piano ad un angolo di tilt pari a +33°.

Le peculiarità delle strutture di sostegno sono:

- riduzione dei tempi di montaggio alla prima installazione;
- facilità di montaggio e smontaggio dei moduli fotovoltaici in caso di manutenzione;
- meccanizzazione della posa;
- ottimizzazione dei pesi;
- miglioramento della trasportabilità in sito;
- possibilità di utilizzo di bulloni antifurto.

Le caratteristiche generali della struttura sono:

- materiale: acciaio zincato a caldo;
- tipo di struttura: fissa su pali;
- inclinazione sull'orizzontale +33°
- Esposizione (azimut): 0°;

- Disposizione dei moduli fotovoltaici sulle strutture di sostegno in 2 file (2P);

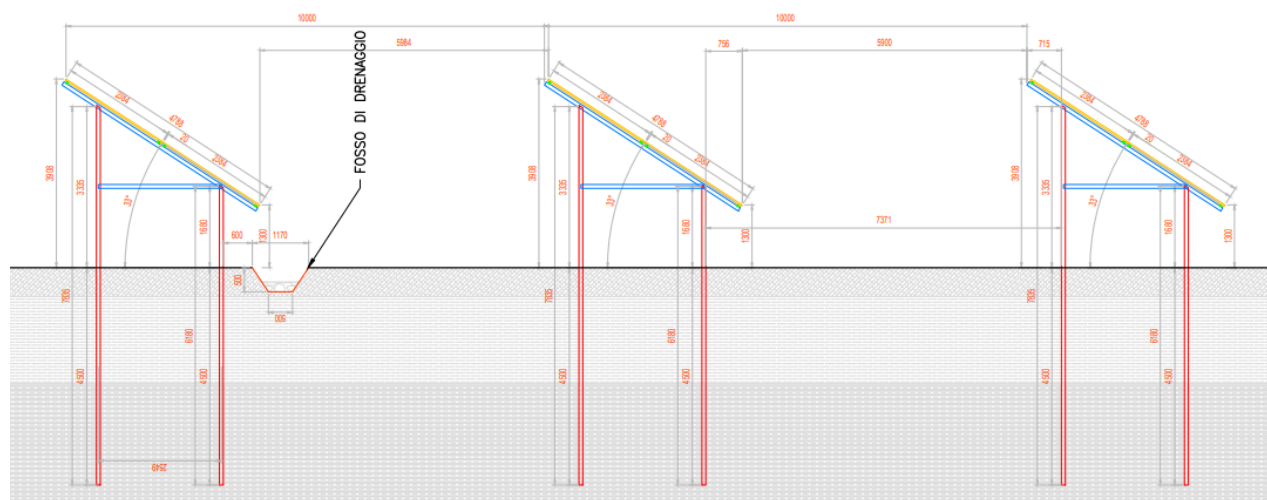


Figura 3.3: Tipologico costruttivo strutture fisse

In via preliminare, sono state previste due tipologie di portali costituiti da 14 e da 28 moduli, montati con una disposizione su due file in posizione verticale (2P). Tale configurazione potrà variare in conseguenza della scelta definitiva del tipo di modulo fotovoltaico.

I materiali delle singole parti saranno armonizzati tra loro per quanto riguarda la stabilità, la resistenza alla corrosione e la durata nel tempo.

Durante la fase esecutiva, sulla base della struttura fissa scelta sarà nuovamente definita la scelta e la soluzione tecnologica di realizzazione più adatta.

3.4.3 String box

Lo String Box è una cassetta che permette il collegamento in parallelo delle stringhe di una determinata porzione del campo agrivoltaico e al contempo la protezione delle stesse, attraverso opportuno fusibile dedicato. L'apparato sarà dotato di un sistema di monitoraggio che permetterà di conoscere lo stato di ciascun canale di misura.

L'apparecchiatura sarà progettata per installazione esterna.

3.4.4 Power Station

Le Power Station hanno la duplice funzione di convertire l'energia elettrica dal campo agrivoltaico da corrente continua (CC) a corrente alternata (CA) e di elevarne il livello di tensione da bassa (BT) a media tensione (MT).

I componenti delle Power Station saranno trasportabili su camion, in un unico blocco già assemblato pronto al collegamento (inclusi inverter e trasformatore). Le Power Station avranno le dimensioni indicative riportate nell'elaborato grafico dedicato e saranno posate su un basamento in calcestruzzo di adeguate dimensioni.

Le Power Station, di marca SMA, modello SC 4000UP-S2, sono di potenza 4.000/3.400 kVA (25/40°C).

Trattandosi di una soluzione "outdoor", tutti gli elementi costituenti le Power Station sono adatti per l'installazione all'esterno, non risulta quindi necessario alcun tipo di alloggiamento.

Di seguito si riporta un'immagine esemplificativa del tipologico del modello ipotizzato in tale fase progettuale.

Technical Data	MVPS 4000-S2	MVPS 4200-S2
Input (DC)		
Available inverters	1 x SC 4000 UP or 1 x SCS 3450 UP or 1 x SCS 3450 UP:XT	1 x SC 4200 UP or 1 x SCS 3600 UP or 1 x SCS 3600 UP:XT
Max. input voltage	1500 V	1500 V
Number of DC inputs	dependent on the selected inverters	
Integrated zone monitoring	○	
Available DC fuse sizes (per input)	200 A, 250 A, 315 A, 350 A, 400 A, 450 A, 500 A	
Output (AC) on the medium-voltage side		
Rated power at SC UP (at -25°C to +25°C / 40°C optional 50°C) ¹⁾	4000 kVA / 3400 kVA	4200 kVA / 3570 kVA
Rated power at SCS UP (at -25°C bis +25°C / 40°C optional 50°C) ¹⁾	3450 kVA / 2880 kVA	3620 kVA / 3020 kVA
Charging power at SCS UP:XT (at -25°C bis +25°C / 40°C optional 50°C) ¹⁾	3450 kVA / 2880 kVA	3620 kVA / 3020 kVA
Discharging power at SCS UP:XT (at -25°C bis +25°C / 40°C optional 50°C) ¹⁾	4000 kVA / 3400 kVA	4200 kVA / 3570 kVA
Typical nominal AC voltages	11 kV to 35 kV	11 kV to 35 kV
AC power frequency	50 Hz / 60 Hz	50 Hz / 60 Hz
Transformer vector group Dy11 / YNd11 / YNy0	● / ○ / ○	● / ○ / ○
Transformer cooling methods	KNAN ²⁾	KNAN ²⁾
Transformer no-load losses Standard / Ecodesign at 33 kV	4.0 kW / 3.1 kW	4.2 kW / 3.1 kW
Transformer short-circuit losses Standard / Ecodesign at 33 kV	40.0 kW / 29.5 kW	41.0 kW / 32.5 kW
Max. total harmonic distortion	< 3%	
Reactive power feed-in (up to 60% of nominal power)	○	
Power factor at rated power / displacement power factor adjustable	1 / 0.8 overexcited to 0.8 underexcited	
Inverter efficiency		
Max. efficiency ³⁾ / European efficiency ³⁾ / CEC weighted efficiency ⁴⁾	98.7% / 98.6% / 98.5%	98.7% / 98.6% / 98.5%
Protective devices		
Input-side disconnection point	DC load-break switch	
Output-side disconnection point	Medium-voltage vacuum circuit breaker	
DC overvoltage protection	Surge arrester type I	
Galvanic isolation	●	
Internal arc classification medium-voltage control room (according to IEC 62271-202)	IAC A 20 kA 1 s	
General Data		
Dimensions equal to 20-foot HC shipping container (W / H / D)	6058 mm / 2896 mm / 2438 mm	
Weight	< 18 t	
Self-consumption (max. / partial load / average) ¹⁾	< 8.1 kW / < 1.8 kW / < 2.0 kW	
Self-consumption (stand-by) ¹⁾	< 370 W	
Ambient temperature -25°C to +45°C / -25°C to +55°C	● / ○	
Degree of protection according to IEC 60529	Control rooms IP23D, inverter electronics IP54	
Environment: standard / harsh	● / ○	
Degree of protection according to IEC 60721-3-4 (4C1, 4S2 / 4C2, 4S4)	● / ○	
Maximum permissible value for relative humidity	95% (for 2 months/year)	
Max. operating altitude above mean sea level 1000 m / 2000 m	● / ○	
Fresh air consumption of inverter	6500 m ³ /h	

Figura 3.4 - Dati tecnici delle Power Station di progetto

Gli inverter dovranno rispettare i seguenti standard principali: EN 50178; IEC/EN 62109-1; IEC/EN 62109-2; IEC/EN61000-6-2; IEC/EN61000-6-4; IEC 62109-1; IEC 62109-2; IEC/EN61000-3-11; IEC/EN61000-3-12; IEC/EN61000-3 series; IEC/EN61000-6 series.



Figura 3.5: Immagine esemplificativa del modello di Power Station previsto

Durante la fase esecutiva, sulla base della disponibilità a mercato dei componenti principali, la soluzione tecnologica fatta potrebbe variare per motivi non direttamente dipendenti dal Proponente.

3.4.5 Inverter

Il componente principale delle Power Station è l'inverter. Tali elementi atti alla conversione della corrente continua in corrente alternata (costituiti da uno o più inverter in parallelo), agendo come generatore di corrente, attuano il condizionamento e il controllo della potenza trasferita.

I gruppi di conversione sono basati su inverter statici a commutazione forzata (con tecnica PWM) ed in grado di operare in modo completamente automatico, inseguendo il punto caratteristico della curva di massima potenza (MPPT) del campo agrivoltaico.

L'inverter deve essere progettato in modo da evitare, così come nei quadri elettrici, che la condensa si formi nell'involucro IP31 minimo; questo in genere è garantito da una corretta progettazione delle distanze fra le schede elettroniche.

Gli inverter devono essere dotati di un sistema di diagnostica interna in grado di inibire il funzionamento in caso di malfunzionamento, e devono essere dotati di sistemi per la riduzione delle correnti armoniche, sia sul lato CA e CC. Gli inverter saranno dotati di marcatura CE.

Gli inverter descritti in questa specifica dovranno essere tutti dello stesso tipo in termini di potenza e caratteristiche per consentire l'intercambiabilità tra loro. Di seguito si portano i dati tecnici degli inverter identificati in progetto:

3.4.6 Trasformatore elevatore MT/BT

All'interno delle Power Station saranno presenti i trasformatori di tensione con taglia fino a 4.000 kVA, che trasformano la corrente a bassa tensione (BT) in corrente in media tensione (MT), necessari per l'immissione in rete dell'energia prodotta.



In particolare, essi devono essere progettati e dimensionati tenendo in considerazione la presenza di armoniche di corrente prodotte dai convertitori. A tal fine, i trasformatori non possono avere a vuoto e perdite superiori al 110% delle perdite nominali. I trasformatori saranno del tipo con raffreddamento di tipo ONAN (Oil Natural Air Natural).

Le suddette macchine elettriche contengono olio dielettrico isolante in quantità superiore a 1 mc e pertanto sono classificate attività 48.1.B della tabella allegata al D.P.R. 1 agosto 2011: "Macchine elettriche fisse con presenza di liquidi isolanti combustibili in quantitativi superiori a 1 mc" e per le quali verranno rispettati le misure di sicurezza dettate dal D.M. 15/7/2014 recante: "Approvazione della regola tecnica di prevenzione incendi per la progettazione, l'installazione e l'esercizio delle macchine elettriche fisse con presenza di liquidi isolanti combustibili in quantità superiore ad 1 m³. G.U. 5 agosto 2014, n. 180".

3.4.7 Quadri BT e MT

Il quadro di potenza che permette la connessione degli inverter al trasformatore elevatore BT/MT comprende al suo interno i TA ed i TV per la lettura fiscale dell'energia prodotta. Gli interruttori da installare saranno provvisti di idonee caratteristiche già indicate nelle specifiche tecniche dedicate.

3.4.8 Cavi di potenza BT e MT

Le linee elettriche prevedono conduttori di tipo idoneo per le sezioni d'impianto (continua, alternata bassa tensione, alternata media tensione, alternata alta tensione) in rame e in alluminio. Il dimensionamento del conduttore è a norma CEI e la scelta del tipo di cavi è armonizzata anche con la normativa internazionale. L'esperienza costruttiva ha consentito l'individuazione di tipologie di cavi (formazione, guaina, protezione ecc.) che garantiscono una durata di esercizio ben oltre la vita dell'impianto anche in condizioni di posa sollecitata.

3.4.9 Sistema SCADA

Verrà installato un sistema di monitoraggio e controllo basato su architettura SCADA-RTU in conformità alle specifiche della piramide CIM, al fine di garantire una resa ottimale dell'impianto agrivoltaico in tutte le situazioni.

Il sistema sarà connesso a diversi sistemi e riceverà informazioni:

- di produzione dal campo solare;
- di produzione dagli apparati di conversione;
- di produzione e scambio dai sistemi di misura;
- di tipo climatico ambientale dalle stazioni di rilevamento dati meteo;
- di allarme da tutti gli interruttori e sistemi di protezione.

3.4.10 Cavi di controllo e TLC

Le linee elettriche prevedono conduttori di tipo idoneo per le tre sezioni d'impianto (continua, alternata bassa tensione, alternata media tensione) in rame e in alluminio. Il dimensionamento del conduttore è a norma CEI e la scelta del tipo di cavi è armonizzata anche con la normativa internazionale. L'esperienza costruttiva ha consentito l'individuazione di tipologie di cavi (formazione, guaina, protezione ecc.) che garantiscono una durata di esercizio ben oltre la vita dell'impianto anche in condizioni di posa sollecitata.

Sia per le connessioni dei dispositivi di monitoraggio che di security verranno utilizzati prevalentemente due tipologie di cavo:



- Cavi in rame multipolari twistati e non;
- Cavi in fibra ottica.

I primi verranno utilizzati per consentire la comunicazione su brevi distanze data la loro versatilità, mentre la fibra verrà utilizzata per superare il limite fisico della distanza di trasmissione dei cavi in rame, quindi comunicazione su grandi distanze, e nel caso in cui sia necessaria una elevata banda passante come nel caso dell'invio di dati.

3.4.11 Cabina di Connessione

All'interno della Cabina di Connessione saranno presenti i quadri MT e BT necessari per il trasporto dell'energia prodotta nonché per l'alimentazione dei carichi ausiliari dell'impianto.

Nei particolari il Quadro di Media Tensione di tensione nominale 30 kV sarà costruito secondo le disposizioni indicate nella Specifica Tecnica dedicata alle celle MT.

Tutti gli apparati presenti all'interno della cabina di consegna saranno scelti in accordo con quanto riportato nelle specifiche tecniche e nella norma CEI 0-16.

3.4.12 Monitoraggio ambientale

Il sistema di monitoraggio ambientale avrà il compito di misurare i dati climatici e i dati di irraggiamento sul campo agrivoltaico.

I parametri rilevati puntualmente dalla stazione di monitoraggio ambientale saranno inviati al sistema di monitoraggio SCADA e, abbinati alle specifiche tecniche del campo FTV, contribuiranno alla valutazione della producibilità teorica, parametro determinante per il calcolo delle performance dell'impianto FTV.

I dati monitorati verranno gestiti e archiviati da un sistema di monitoraggio SCADA.

Il sistema nel suo complesso avrà ottime capacità di precisione di misura, robusta insensibilità ai disturbi, capacità di autodiagnosi e autotuning.

I dati ambientali monitorati saranno:

- dati di irraggiamento;
- dati ambientali;
- temperature moduli.

3.4.13 Sistema di sicurezza antintrusione

Il sistema di sicurezza e anti intrusione ha lo scopo di preservare l'integrità dell'impianto contro atti criminosi mediante deterrenza e monitoraggio delle aree interessate.

Il sistema impiegato si baserà sull'utilizzo di differenti tipologie di sorveglianza/deterrenza per scongiurare eventuali atti dolosi nei confronti dei sistemi e apparati installati presso l'impianto agrivoltaico.

La prima misura da attuare per garantire la sicurezza dell'impianto contro intrusioni non autorizzate è quella di impedire o rilevare qualsiasi tentativo di accesso dall'esterno installando un sistema di anti intrusione perimetrale in fibra ottica sulla recinzione.

Inoltre sarà installato un sistema TVCC dotato di sistema di rilevazione video mediante telecamere digitali a doppia tecnologia ad alta risoluzione che consentiranno di monitorare in tempo reale il perimetro e le aree di maggior interesse impiantistico. Il sistema di video sorveglianza avrà il compito di garantire al servizio di vigilanza locale gli strumenti necessari per effettuare un'analisi immediata degli eventi a seguito di allarme generato dal sistema perimetrale e per eventuali azioni da intraprendere.

3.4.14 Recinzione

È prevista la realizzazione di una recinzione perimetrale a delimitazione dell'area di installazione dell'impianto, la recinzione sarà formata da rete metallica a pali infissi nel terreno.

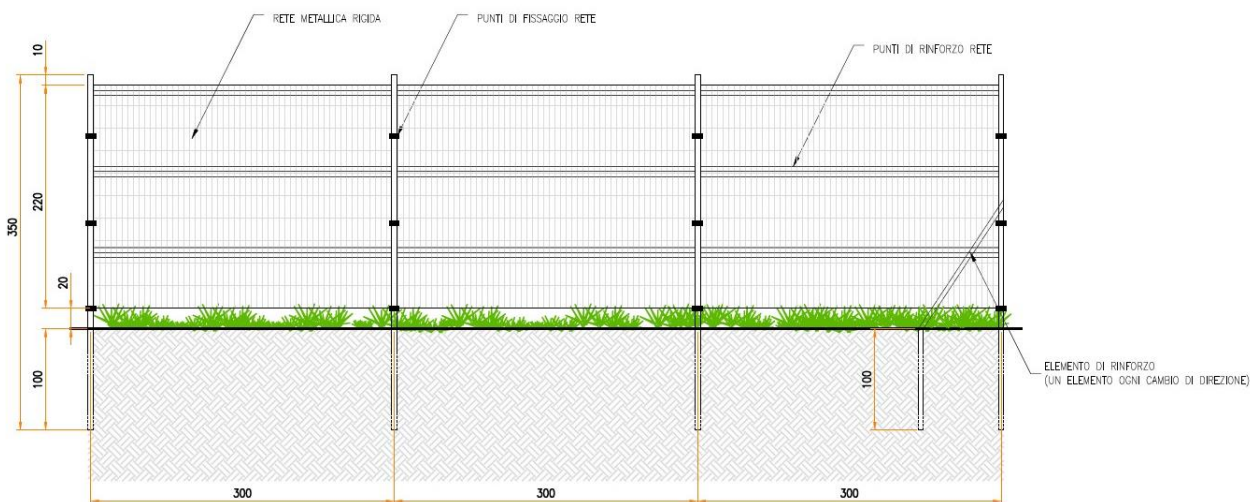


Figura 3.6: Particolare recinzione

Si prevede che la recinzione sia opportunamente sollevata da terra di circa 20 cm per non ostacolare il passaggio della fauna selvatica.

Ad integrazione della recinzione di nuova costruzione, è prevista l'installazione di 1 cancello carrabile (tipologico visibile in Figura 3.7).

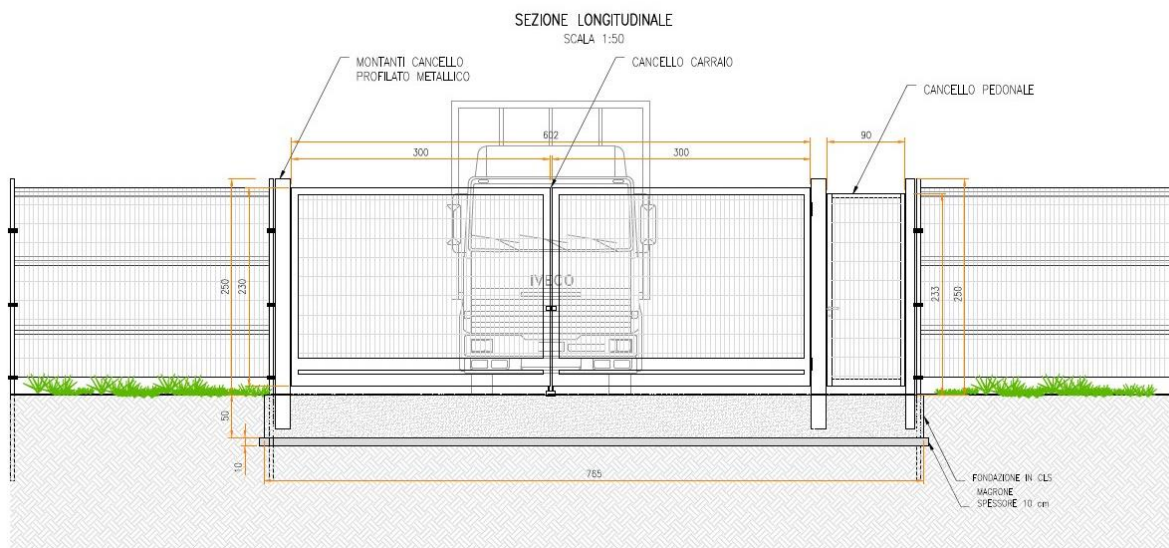


Figura 3.7: Particolare accesso

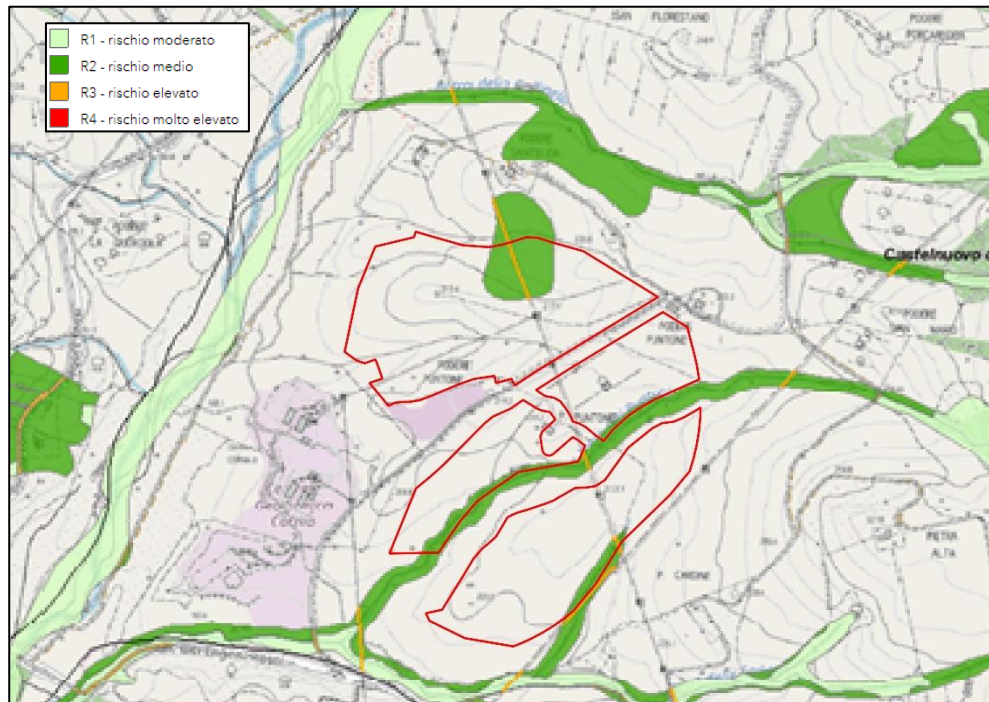
3.4.15 Sistema di drenaggio

Sarà realizzata una rete di drenaggio in corrispondenza dei principali solchi di drenaggio naturali esistenti. La rete drenaggio in progetto sarà costituita da fossi di forma trapezoidale scavate nel terreno naturale e con un fondo in grossi ciottoli 15-20 cm. Tutte le opere di regimazione rientreranno nell'ambito dell'Ingegneria naturalistica.

Lo scopo delle canalette è quello di consentire il drenaggio dei deflussi al netto delle infiltrazioni nel sottosuolo. Le acque meteoriche ricadenti su ogni settore, per la parte eccedente rispetto alla naturale infiltrazione del suolo, verranno infatti intercettate dalle canalette drenanti realizzate lungo i lati morfologicamente più depressi.

Come rilevato dalle analisi geologiche le aree in oggetto attualmente si presentano inserite in un contesto collinare, con una morfologia irregolare dominata dalla presenza di colline dolci poco pendenti. Tale configurazione morfologica associata alle caratteristiche litologiche dei terreni che costituiscono il sottosuolo delle aree in esame fanno sì che si possano verificare diffusi fenomeni di scivolamento delle coltri superficiali in seguito ad infiltrazione delle acque meteoriche che possono modificare, peggiorando, le caratteristiche meccaniche dei terreni esistenti (diminuzione dei parametri di resistenza).

Tale aspetto è stato preso in considerazione adottando adeguate ed opportune soluzioni progettuali per la regimazione delle acque superficiali. Innanzitutto, le aree, in particolare quella localizzata nella porzione a nord dell'impianto, riportate all'interno della Mappa di Rischio del PAI dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino settentrionale con una Classe di Rischio da moderata a media per forme geomorfologiche come dissesti superficiali e corpi sedimentari, sono state lasciate libere da qualsiasi opera.



In secondo luogo il sistema di regimazione delle acque meteoriche previsto in questa fase progettuale e che verrà studiato nel dettaglio nelle fasi successive di progetto, è stato progettato con lo scopo di ridurre il rischio di instaurazione di sottopressioni, drenando le acque di infiltrazione nello strato superficiale. Per questo è stata prevista una rete di fossi drenanti con rivestimento in ciottoli del fondo che seguono l'andamento naturale del piano campagna. Per quanto riguarda l'area sopra citata tali fossi non la attraversano, ma funzionano da gronda posizionata a monte. Da ultimo si evidenzia che i pali di sostegno dei moduli sono stati dimensionati fino ad una profondità di 4,5 m e per le verifiche di fondazione degli stessi non è stato considerato l'apporto dello strato superficiale di terreno (60 cm), il quale quindi da un lato non ne risulta appesantito, dall'altro in caso di degrado delle sue caratteristiche meccaniche non comporta rischi per la stabilità delle strutture.

3.4.16 Viabilità del sito

In assenza di viabilità esistente adeguata sarà realizzata una strada in misto granulometrico per garantire l'ispezione dell'area di impianto dove necessario e per l'accesso alle piazzole delle cabine. Le strade di progetto, sia perimetrali che interne all'impianto, sono previste con una larghezza pari a 3,5 metri.

La scelta della tipologia pacchetto stradale è stata valutata in base alle caratteristiche geotecniche del terreno, alla morfologia del sito, alla posizione ed accessibilità del sito.

Le opere viarie saranno costituite da:

- regolarizzazione di pulizia del terreno, per uno spessore adeguato (circa 30 cm);
- rullatura del piano ottenuto fino al raggiungimento di un modulo di deformazione "Md" \geq 15 MPa nell'intervallo di carico compreso tra 50 e 150 kPa. Nel caso questa condizione non fosse raggiungibile si dovrà procedere alla sostituzione di ulteriori circa 30 cm di terreno naturale con altro materiale arido scelto proveniente da cave;
- fornitura e posa in opera di geosintetico tessuto non tessuto;
- fornitura e posa in opera di uno strato in misto granulometrico di pezzatura media (strato di fondazione – spessore 30 cm). Rullatura del piano ottenuto fino al raggiungimento di un modulo di deformazione "Md" \geq 20 MPa nell'intervallo di carico compreso tra 50 e 150 kPa;
- fornitura e posa in opera di uno strato in misto granulometrico di pezzatura fine (strato di finitura – spessore 10 cm). Rullatura del piano ottenuto fino al raggiungimento di un modulo di deformazione "Md" \geq 30 MPa nell'intervallo di carico compreso tra 50 e 150 kPa;

3.4.17 Sistema antincendio

Con riferimento alla progettazione antincendio, le opere progettate sono conformi a quanto previsto da:

- D.P.R. n. 151 del 1° agosto 2011 "Regolamento recante semplificazione della disciplina dei procedimenti relativi alla prevenzione incendi, a norma dell'articolo 49 comma 4-quater, decreto-legge 31 maggio 2010, n. 78, convertito con modificazioni, dalla legge 30 luglio 2010, n. 122"
- lettera 1324 del 7 febbraio 2012 - Guida per l'installazione degli impianti fotovoltaici;
- lettera di chiarimenti diramata in data 4 maggio 2012 dalla Direzione centrale per la prevenzione e la sicurezza tecnica del corpo dei Vigili del Fuoco.

Inoltre, è stato valutato il pericolo di elettrocuzione cui può essere esposto l'operatore dei Vigili del Fuoco per la presenza di elementi circuitali in tensione all'interno dell'area impianto. Si evidenzia che sia in fase di cantiere che in fase di O&M dell'impianto si dovranno rispettare anche tutti i requisiti richiesti ai sensi del D.Lgs 81/2008 e s.m.i.

Al fine di ridurre al minimo il rischio di propagazione di un incendio dai generatori fotovoltaici agli ambienti sottostanti, gli impianti saranno installati su strutture incombustibili (Classe 0 secondo il DM 26/06/1984 oppure Classe A1 secondo il DM 10/03/2005).

Sono previsti sistemi ad estintore in ogni cabina presente e alcuni estintori aggiuntivi per eventuali focolai esterni alle cabine (sterpaglia, erba secca, ecc.).

Saranno installati sistemi di rilevazione fumo e fiamma e in fase di ingegneria di dettaglio si farà un'analisi di rischio per verificare l'eventuale necessità di installare sistemi antincendio automatici all'interno delle cabine.

L'area in cui è ubicato il generatore agrivoltaico ed i suoi accessori non sarà accessibile se non agli addetti alle manutenzioni che dovranno essere adeguatamente formati/informati sui rischi e sulle



specifiche procedure operative da seguire per effettuare ogni manovra in sicurezza, e forniti degli adeguati DPI.

I dispositivi di sezionamento di emergenza dovranno essere individuati con la segnaletica di sicurezza di cui al titolo V del D. Lgs.81/08 e s.m.i..

3.5 LINEE ELETTRICHE DI IMPIANTO

L'energia prodotta dai pannelli fotovoltaici del campo agrivoltaico verrà convertita in corrente alternata tramite inverter centralizzati e innalzata al livello di tensione 30 kV nelle Power Station e convogliata verso la Cabina di Connessione, in seguito, tramite un cavidotto interrato MT, verso la Sottostazione Elettrica Utente dove sarà elevata alla tensione AT 132 kV. In fine l'energia proveniente dall'impianto sarà finalmente immessa nella RTN nello stallo di arrivo della SE Terna.

La distribuzione elettrica MT avverrà tramite linee interrate allo scopo di ridurre l'impatto della stessa sull'ambiente, assicurando il massimo dell'affidabilità e della economia di esercizio; i cavidotti saranno ubicati sfruttando per quanto possibile la rete stradale esistente ovvero lungo la rete viaria da adeguare/realizzare ex novo nell'ambito del presente progetto.

Il tracciato planimetrico della rete, lo schema unifilare dove sono evidenziate la lunghezza e la sezione corrispondente di ciascuna terna di cavo e la modalità e le caratteristiche di posa interrata sono mostrate nelle tavole del progetto allegate.

I cavi verranno posati ad una profondità di circa 100 cm, con protezione meccanica supplementare il CLS (magrone) e nastro segnalatore.

I cavi verranno posati in una trincea scavata a sezione obbligata che avrà una larghezza minima di circa 63 cm. La sezione di posa dei cavi sarà variabile a seconda della loro ubicazione in sede stradale o in terreno.

Nella stessa trincea verranno posati i cavi di energia, la fibra ottica necessaria per la comunicazione e la corda di rame della rete equipotenziale.

Dove necessario si dovrà provvedere alla posa indiretta dei cavi in tubi, condotti o cavedi.

La posa dei cavi si articolerà nelle seguenti attività:

- scavo a sezione obbligata della larghezza e della profondità precedentemente menzionate;
- posa del cavo di potenza e del dispersore di terra;
- eventuale rinterro parziale con strato di sabbia vagliata;
- posa del tubo contenente il cavo in fibre ottiche;
- posa dei tegoli protettivi;
- rinterro parziale con terreno di scavo e/o sabbia vagliata;
- posa nastro monitore;
- rinterro complessivo con ripristino della superficie originaria;
- apposizione di paletti di segnalazione presenza cavo nei tratti non coincidenti con la viabilità.

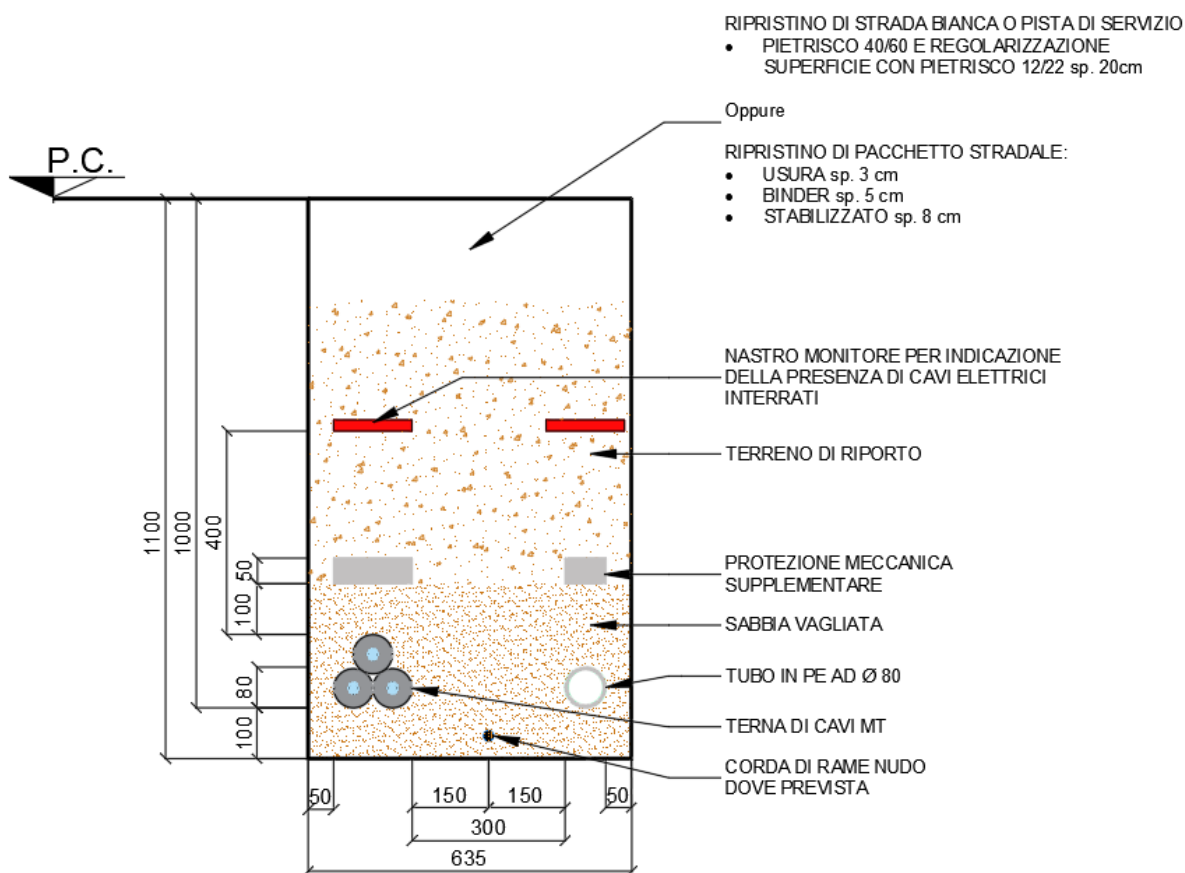


Figura 3.8: Sezione tipo posa cavidotti

3.5.1 Giunzioni termorestringenti per media e alta tensione fino a 52 kv

La preparazione e la tecnica di installazione dei giunti per cavidotti unipolari fino a 52 kV prevede l'impiego di giunti in materiale plastico termoretraibile, garantendo efficacia, affidabilità e semplicità nell'installazione sul cavo. Le due estremità dei cavi da giuntare andranno preparati adeguatamente, sovrapponendo le anime di conduttore e crimpandole attraverso l'apposito elemento. Di seguito viene mostrata uno schema di preparazione dei cavi e una sezione longitudinale del giunto.

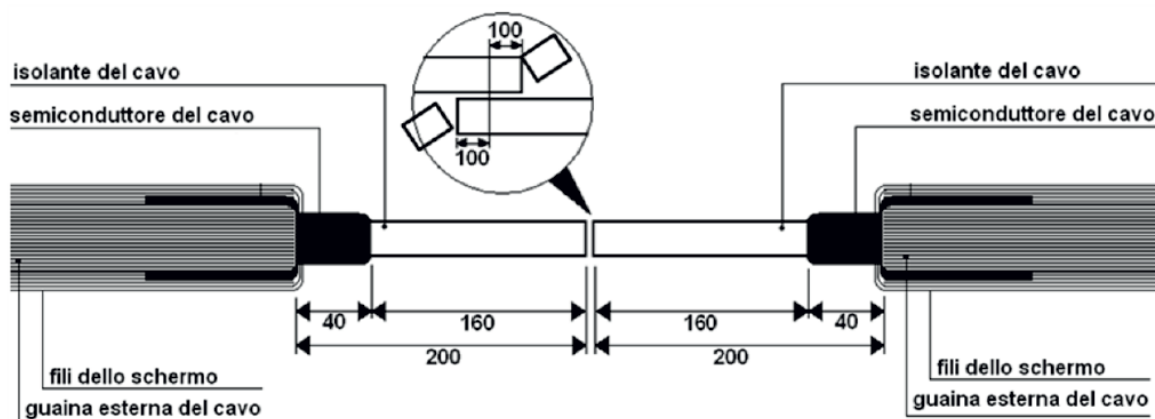


Figura 3.9: Preparazione dei cavi

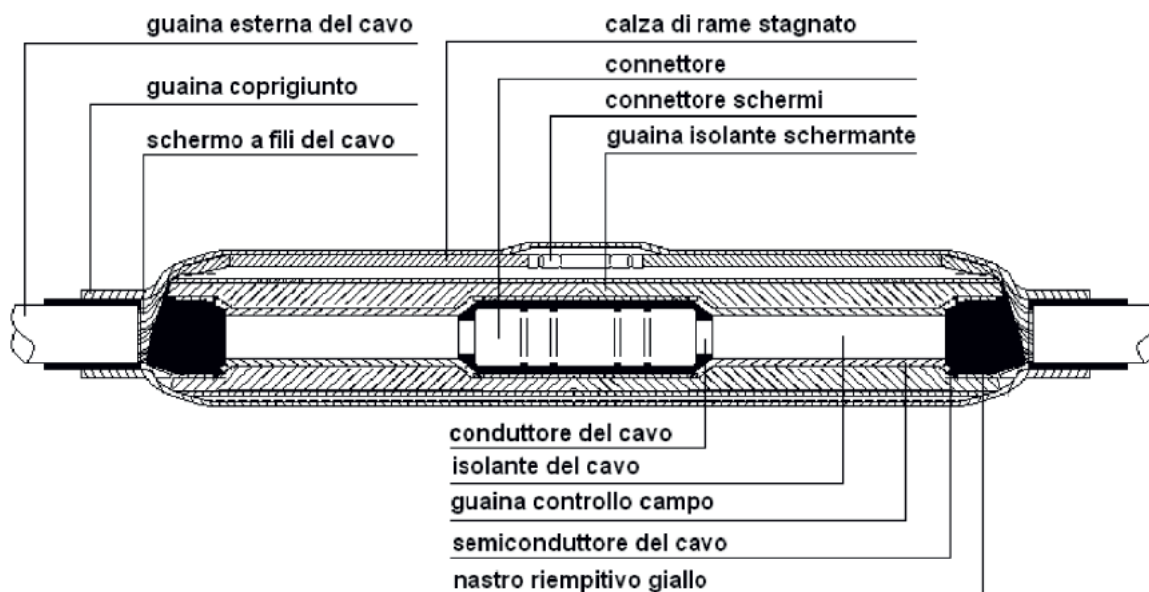


Figura 3.10: Sezione tipologica del giunto

3.6 CONFIGURAZIONE DI IMPIANTO

Di seguito si riporta una tabella riepilogativa delle cabine di campo e dei relativi rami di connessione.

Tabella 3.2: Configurazione "Power Station"

ID.	RAMO	POWER STATION	POTENZA AC (kVA)
1	1	POWER STATION PS 1.1	4.000
2	1	POWER STATION PS 1.2	4.000
3	1	POWER STATION PS 1.3	4.000
4	2	POWER STATION PS 2.1	4.000
5	3	POWER STATION PS 3.1	4.000
6	4	POWER STATION PS 4.1	4.000
7	4	POWER STATION PS 4.2	4.000
8	4	POWER STATION PS 4.3	4.000

Si rimanda alle tavole di dettaglio per un'ulteriore comprensione ed inquadramento planimetrico delle aree d'impianto. Dalla lettura dello schema unifilare del presente progetto, è possibile riscontrare le informazioni e le caratteristiche impiantistiche dell'impianto nonché dei suoi elementi.

3.7 TRASFORMATORI

All'interno dell'impianto in oggetto saranno presenti tre diverse tipologie di trasformatori:

- Trasformatore M/BT 30/0,4 kV a due avvolgimenti o a singolo secondario (Dy11): tale configurazione è utilizzata in Cabina di Connessione con taglia pari a 160 kVA per l'alimentazione dei carichi ausiliari della cabina utente;



- Trasformatore MT/BT 30/0,69 kV a due avvolgimenti a singolo secondario (Dy11): tale configurazione è utilizzata nelle Power Station con taglia di 4.000 kVA;
- Trasformatore BT/BT 0,69/0,40 kV (Dyn11): per l'alimentazione dei carichi ausiliari all'interno della Power Station con taglia fino a 50 kVA.

Tutti i trasformatori sopracitati saranno raffreddati a secco con avvolgimenti inglobati in resina epossidica e saranno autoestinguenti, resistenti alle variazioni climatiche e resistenti all'inquinamento atmosferico e all'umidità.

La taglia del trasformatore AT/BT è stata scelta tenendo conto del dimensionamento degli inverter, della curva capability P-Q che l'impianto deve garantire, della potenza nominale del modulo agrivoltaico e del contributo di potenza dato dal modulo bifacciale in funzione dell'albedo.

3.8 ELEMENTI RELATIVI ALLA CONNESSIONE

La proponente ha richiesto la soluzione tecnica minima generale (STMG) di connessione a Terna S.p.A.; tale soluzione emessa da Terna con Codice Pratica 202304161 è stata accettata dalla proponente e prevede che l'impianto venga collegato in antenna a 132 kV su una nuova Stazione Elettrica (SE) della RTN a 132 kV da inserire in entra – esce alla direttrice RTN a 132 kV “Nuova Lagoni Rossi - Le Prata Al – Valle Secolo”, previa realizzazione degli interventi 345-P e 349-P del Piano di Sviluppo Terna. La linea di connessione tra la SEUtente e la realizzanda SE Cecina, sarà realizzata in cavo interrato con tensione 132 kV e con lunghezza pari a circa 150 m.

Relativamente alla connessione ed agli impianti interni all'area fotovoltaica con la Sottostazione Elettrica Utente sono stati previsti i seguenti parametri di dimensionamento:

- Tensione di esercizio: 30 kV;
- Corrente nominale: circa 700 A;
- Frequenza di esercizio: 50 Hz;
- Lunghezza del collegamento: 1.650 m

Il collegamento tra la SSEU e la Cabina di Connessione avverrà tramite un cavidotto interrato MT con le modalità e caratteristiche di posa previste al paragrafo 4.5.

All'interno della SSEU, prevista in prossimità del Punto di Connessione (PdC), saranno presenti i seguenti elementi:

- Cabina SSEU MT: La struttura della Cabina sarà di tipo monolitico e sarà suddivisa in vano quadri elettrici, per l'alloggiamento delle apparecchiature elettromeccaniche necessarie, vano misure destinato all'installazione dei gruppi di misura e di controllo e vano ausiliari, destinato all'installazione di un trasformatore da 160 kVA per l'alimentazione degli ausiliari. Nella stessa area all'interno delle cabine sarà presente il quadro QMT contenente i dispositivi generali DG di interfaccia DDI e gli apparati SCADA e telecontrollo. Il manufatto dovrà inoltre essere corredato di una vasca di fondazione prefabbricata anch'essa di tipo monolitico, utilizzata per il passaggio dei cavi elettrici in entrata e di uscita;
- Trasformatore AT/MT 132/30 kV a due avvolgimenti o singolo secondario avente le seguenti caratteristiche:
 - Potenza nominale 30/35 MVA ONAN/ONAF;
 - Gruppo vettoriale Ynd11;
 - $V_{cc}\%$: 10%.
- Stallo AT Trafo: gli elementi principali dello stallo sono:
 - Terminale cavo AT con scaricatore di sovratensione;

- Sezionatore tripolare a pantografo 1250 A con sezionatore di terra;
- TV con 3 secondari (di cui uno suggellabile ed esclusivo per le misure fiscali);
- TA con 3 secondari (di cui uno suggellabile ed esclusivo per le misure fiscali);
- Interruttore tripolare 1250 A;
- Scaricatore di sovratensione;

A valle della sbarra saranno presenti tutti gli elementi di protezione, sezionamento e misura utili alla connessione a regola d'arte e in sicurezza dell'impianto agrivoltaico. Inoltre, tutti gli elementi dovranno essere dimensionati per la massima corrente di cortocircuito sulla sbarra (prevista inferiore a 25 kA).

3.9 CALCOLI DI PROGETTO

Di seguito si riportano gli estratti delle relazioni specifiche riportanti calcoli di interesse progettuale.

3.9.1 Calcoli di producibilità

I calcoli di producibilità sono riportati nell'elaborato Rif. 3162_6245_VE_VIA_R17_R00_Calcolo Producibilità dove è stato utilizzato il software PVSyst e il database Meteonorm 8.1 per le informazioni meteorologiche.

In sintesi, l'energia prodotta dall'area di progetto risulta essere di circa **50.093,11 MWh/anno** e la produzione specifica è pari a **1.473 kWh/kWp/anno**. In base ai parametri impostati per le relative perdite d'impianto, i componenti scelti (moduli e inverter) e alle condizioni meteorologiche del sito in esame risulta un indice di rendimento (performance ratio PR) del **85,49 %**.

3.9.2 Calcoli elettrici

L'impianto elettrico di media tensione è stato previsto con distribuzione radiale. L'impianto di bassa tensione sarà realizzato in corrente alternata e continua. Per un maggior dettaglio sugli elementi dell'impianto ed i calcoli elettrici si rimanda all'elaborato di riferimento *3162_6245_VE_VIA_R07_R00_Relazione Tecnica Opere Elettriche*

3.9.3 Calcoli strutturali

Le opere strutturali previste dal progetto sono relative a:

1. Telai metallici dei moduli fotovoltaici;
2. Pali delle strutture verticali di sostegno;
3. Cabine/locali tecnici e relative fondazioni.
4. Recinzioni e accessi

Di seguito le tabelle riassuntive degli elementi strutturali in acciaio e in C.A.

Tabella 3.3: Elementi strutturali in acciaio

Elemento	Sezione	Materiale
Montanti	HEB 220 [montanti centrali]	Acciaio S235
Traversi	Tubi rettangolari 80x80x6 [dimensioni in mm]	Acciaio S235



Elementi di sostegno pannelli	Tubi rettangolari 80x80x4 [dimensioni in mm]	Acciaio S235
-------------------------------	---	--------------

Tabella 3.4: Elementi strutturali in C.A

TIPOLOGIA	N. ELEMENTI	LARGHEZZA (M)	LUNGHEZZA (M)	SUPERFICIE (M ²)	PROFONDITÀ (M)
Cabina di connessione	1	36.8	9.10	334.88	0.50
Power Station	8	12.12	2.44	29.57	0.50
Magazzino	1	12.20	4.9	59.78	0.50
Ufficio	1	6	4.8	28.8	0.50

3.9.4 Calcoli idraulici

Lo studio idrologico-idraulico, *3162_6245_VE_VIA_R05_R00_Relazione idrologica e idraulica*, è stato articolato secondo i seguenti punti:

- Identificazione delle aree scolanti e del coefficiente di deflusso ottenuto mediante una media ponderata;
- Determinazione delle Linee Segnatrici di Possibilità Pluviometrica (LSPP) per tempi di ritorno pari a 2, 5, 10, 30, 50, 100 e 200 anni;
- Costruzione dello ietogramma di progetto avente una durata superiore al tempo di corrivazione del bacino sotteso dall'invaso;
- Stima del processo di infiltrazione e determinazione dello ietogramma netto di progetto;

Modello di trasformazione afflussi-deflussi - stima delle portate di progetto ante-operam e post operam.

Come anticipato nel paragrafo 2.3.1 **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** riguardo le caratteristiche geologiche del sito le aree in oggetto attualmente si presentano inserite in un contesto collinare, con una morfologia irregolare dominata dalla presenza di colline dolci poco pendenti. Tale configurazione morfologica associata alle caratteristiche litologiche dei terreni che costituiscono il sottosuolo delle aree in esame fanno sì che si possano verificare diffusi fenomeni di scivolamento delle coltri superficiali in seguito ad infiltrazione delle acque meteoriche che possono modificare, peggiorando, le caratteristiche meccaniche dei terreni esistenti (diminuzione dei parametri di resistenza). Tale aspetto è stato preso in considerazione adottando adeguate ed opportune soluzioni progettuali per la regimazione delle acque superficiali. Innanzitutto, le aree, in particolare quella localizzata nella porzione a nord dell'impianto, riportate all'interno della Mappa di Rischio del PAI dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino settentrionale con una Classe di Rischio da moderata a media per forme geomorfologiche come dissesti superficiali e corpi sedimentari sono state lasciate libere da qualsiasi opera.

In secondo luogo, il sistema di regimazione delle acque meteoriche previsto in questa fase progettuale, che verrà studiato nel dettaglio nelle fasi successive di progetto, è stato progettato con lo scopo di ridurre il rischio di instaurazione di sottopressioni, drenando le acque di infiltrazione nello strato superficiale. Per questo è stata prevista una rete di fossi drenanti con rivestimento in ciottoli del fondo che seguono l'andamento naturale del piano campagna. Per quanto riguarda l'area sopra citata tali fossi non la attraversano, ma funzionano da gronda posizionata a monte.



Da ultimo si evidenzia che i pali di sostegno dei moduli sono stati dimensionati fino ad una profondità di 4,5 m e per le verifiche di fondazione degli stessi non è stato considerato l'apporto dello strato superficiale di terreno (60 cm), il quale quindi da un lato non ne risulta appesantito, dall'altro in caso di degrado delle sue caratteristiche meccaniche non comporta rischi per la stabilità delle strutture.

In particolare, in contrapposizione al classico approccio di drenaggio delle acque meteoriche, in cui il principale obiettivo è il veloce allontanamento delle acque dal sito, nel presente progetto si sono utilizzate tecniche di progettazione a basso impatto.

Nel presente progetto si sono utilizzate tecniche di progettazione a basso impatto che rientrano nell'ambito dell'ingegneria naturalistica, in grado di adattarsi alle necessità geomorfologiche del sito. Il presente progetto ha mirato all'utilizzo di:

- Infrastrutture verdi a vantaggio di quelle grigie;
- Fossi di scolo in terra e con rivestimento del fondo;
- Opere per contrastare i processi di erosione;
- Protezione rete idrografica principale.

3.10 FASI DI COSTRUZIONE

La realizzazione dell'impianto sarà avviata immediatamente a valle dell'ottenimento dell'autorizzazione alla costruzione.

La fase di costruzione vera e propria avverrà successivamente alla predisposizione dell'ultima fase progettuale, consistente nella definizione della progettazione esecutiva, che completerà i calcoli in base alle scelte di dettaglio dei singoli componenti.

In ogni caso, per entrambe le sezioni di impianto la sequenza delle operazioni sarà la seguente:

1. Progettazione esecutiva di dettaglio
2. Realizzazione di:
 - o opere civili
 - accessibilità all'area ed approntamento cantiere
 - preparazione terreno mediante rimozione vegetazione e livellamento dove necessario per la realizzazione della viabilità di campo e delle cabine.
 - realizzazione viabilità di campo
 - realizzazione recinzioni e cancelli ove previsto
 - preparazione fondazioni cabine
 - posa pali
 - posa strutture metalliche
 - scavi per posa cavi
 - realizzazione/posa locali tecnici: Cabine di Campo, Cabine di Utenza e Cabine di consegna
 - realizzazione fossi di drenaggio
 - o opere impiantistiche
 - messa in opera e cablaggi moduli FV
 - installazione inverter e trasformatori
 - posa cavi e quadristica BT

- posa cavi e quadristica MT
- allestimento cabine
 - opere a verde
 - commissioning e collaudi.

Per quanto riguarda le modalità operative di costruzione si farà riferimento alle scelte progettuali esecutive.

3.11 PRIME INDICAZIONI DI SICUREZZA

Per l'esecuzione dei lavori si prevede la realizzazione di due aree di cantiere distinte, ognuna delle quali destinata sia alla realizzazione delle aree destinate a baracche che alle aree di stoccaggio dei materiali come indicato nell'elaborato *3162_6245_VE_VIA_R12_R00_Prime Indicazioni per Sicurezza*. Nel dettaglio si prevede:

- Rimozione vegetazione esistente dove necessario per la realizzazione della viabilità di campo e delle cabine;
- Realizzazione della recinzione dell'area destinata ai baraccamenti ed al deposito dei materiali in pannelli metallici tipo orso-grill fissati a paletti di sostegno vincolati a blocchetti di cls appoggiati a terra;
- Realizzazione delle aree per baracche di cantiere [baracche ad uso ufficio, servizi igienici, deposito attrezzature];
- Realizzazione aree per lo stoccaggio dei materiali e la sosta dei mezzi operativi.
- Realizzazione della viabilità di cantiere.

Si prevede inoltre la realizzazione di una guardiana per il controllo degli accessi per ogni area di cantiere oltre alla predisposizione di un servizio di vigilanza notturna e nei giorni di non operatività del cantiere.

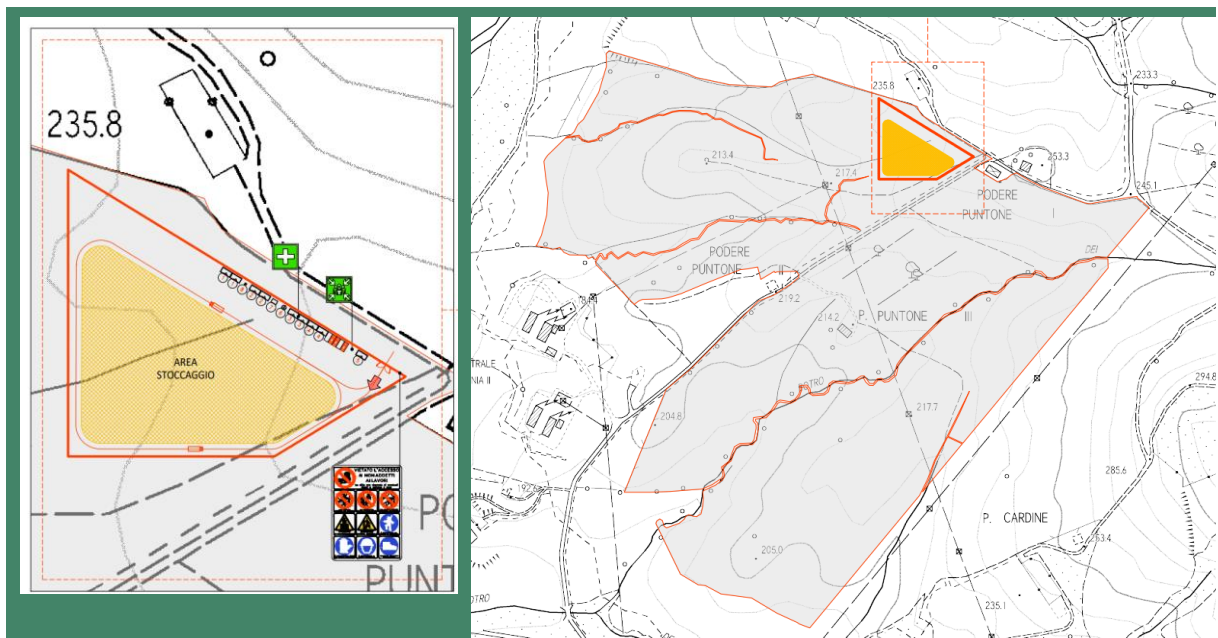


Figura 3.11: Stralcio delle aree di stoccaggio di cantiere.

3.12 SCAVI E MOVIMENTI DI TERRA

Le attività di movimento terra si limiteranno comunque a:

- **Regolarizzazione:** interesseranno lo strato più superficiale di terreno laddove necessario per la realizzazione della viabilità e delle cabine;
- **Realizzazione di viabilità interna:** In assenza di viabilità esistente adeguata sarà realizzata una strada in misto granulometrico. La viabilità è stata prevista lungo gli assi principali di impianto e lungo il perimetro (larghezza 4,00 m). Gli scavi sono previsti ad una profondità di 30 cm. Durante la fase esecutiva sarà dettagliato il pacchetto stradale definendo la soluzione ingegneristica più adatta.;
- **Formazione piano di posa di platee di fondazione cabine.** Si prevede la realizzazione di scavi di profondità 50 cm per le fondazioni delle: 8 Power Station; 1 Cabina Utente, 1 Cabina di Consegna; 1 Ufficio e 1 Magazzino. Il volume di scavo verrà calcolato considerando, in pianta, 50 cm in più per ogni lato rispetto alle misure delle cabine/uffici indicate negli elaborati progettuali. In questo modo viene garantita la distribuzione del peso della cabina stessa sul basamento di appoggio. Il terreno di sottofondo proveniente dallo scavo delle platee di appoggio delle cabine verrà in parte utilizzato per raccordare la base delle cabine alle aree adiacenti mediante lo stendimento di uno spessore di terreno indicativamente di 10-20 cm, la parte di terreno vegetale sarà in parte utilizzata per livellare le aree.
- **Recinzione perimetrale e trave di fondazione per cancelli di accesso.** È prevista la realizzazione di una recinzione perimetrale a delimitazione dell'area di installazione dell'impianto, la recinzione sarà formata da rete metallica a pali infissi nel terreno. Si prevede che sia opportunamente sollevate da terra di circa 20 cm per non ostacolare il passaggio della fauna selvatica. L'infissione dei pali è prevista ogni 3 metri ad una profondità di 100 cm nel terreno per consentire un'adeguata stabilità della recinzione in un terreno prevalentemente sciolto, come indicato dagli elaborati progettuali. Inoltre, è prevista l'infissione di puntelli di rinforzo alla recinzione ogni 30 metri di lunghezza.
- **Scavi per posizionamento linee MT.** Sono previsti scavi per la posa di cavi 15 kV, si prevederà il possibile reimpiego per i riempimenti del materiale scavato, oltre alla fornitura e posa di materiale selezionato per la regolarizzazione del piano di posa e per i rinfianchi. Le geometrie ed i percorsi sono indicati nell'elaborato progettuale Rif. 3162_6245_VE_VIA_T21_R00_Percorso Cavi Area di Impianto - Tipologico Trench.
- **Scavi per realizzazioni fossi di drenaggio:** i fossi saranno realizzati in scavo con una sezione trapezia avente inclinazione di sponda pari a circa 26°.

3.13 PERSONALE E MEZZI

Per la realizzazione di un'opera di questo tipo ed entità, si prevede di utilizzare le seguenti principali attrezzature e figure professionali:

- Mezzi d'opera:
 - Gru di cantiere e muletti;
 - Macchina pali;
 - Attrezzi da lavoro manuali e elettrici;
 - Gruppo elettrogeno (se non disponibile rete elettrica);
 - Strumentazione elettrica e elettronica per collaudi;
 - Furgoni e camion vari per il trasporto;
- Figure professionali:



- Responsabili e preposti alla conduzione del cantiere;
- Eletttricisti specializzati;
- Addetti scavi e movimento terra;
- Operai edili;
- Montatori strutture metalliche.

In particolare, per quanto riguarda l'impiego di personale operativo, in considerazione delle tempistiche previste dal cronoprogramma degli interventi, si prevede l'impiego, nei periodi di massima attività di circa 150/200 addetti ai lavori.

Tutto ciò sarà meglio specificato e gestito nel Piano di Sicurezza e Coordinamento dell'opera preliminarmente all'attivazione della fase di costruzione.



4. RIFERIMENTI NORMATIVI

I principali riferimenti normativi vengono riportati nella tabella che segue:

- **Legge n° 36 del 22/2/2001**, “Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici” (Legge che rimanda l’applicazione ai decreti applicativi: DPCM 8 luglio 2003);
- **Guida CEI 211-6 (2001)**, “Guida per la misura e per la valutazione dei campi elettrici e magnetici nell’intervallo di frequenza 0 Hz - 10 kHz, con riferimento all’esposizione umana”;
- **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 da elettrodotti”;
- **Guida CEI 106-11: (2006)**, “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”;
- **Guida CEI 106-12 (2006)**, “Guida pratica ai metodi e criteri di riduzione dei campi magnetici prodotti dalle cabine elettriche MT/BT”;
- **CEI 14-35 (2008)**, in merito alla valutazione dei campi elettromagnetici attorno ai trasformatori di potenza aventi una gamma di potenza compresa fra 5 kVA e 1000 kVA;
- **DM 29 Maggio 2008**, “Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti”;
- **Supplemento ordinario n.160 alla Gazzetta ufficiale 5 luglio 2008 n. 156**, Metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti (allegato APAT);
- **Guida CEI 211-4 (2008)**, “Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee e da stazioni elettriche”;
- **D.Lgs n. 81 del 9 aprile 2008**, “Attuazione dell’articolo 1 della legge 3 agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro”, nello specifico: Titolo VIII Capo IV;
- **Raccomandazione del Consiglio dell’Unione Europea 1999/519/CE**, 12 luglio 2009, relativa alla limitazione dell’esposizione della popolazione ai campi elettromagnetici da 0 Hz a 300 GHz;
- **Norma CEI EN 61000-4-8:2010**, Compatibilità elettromagnetica (EMC);
- **Norma CEI EN 62110: 2012-11 (CEI 106-27)**, Livelli di campo elettrico e magnetico generati da sistemi di potenza in c.a.: Procedure di misura con riferimento all’esposizione umana;
- **D.Lgs n. 159 del 01 agosto 2016**, “Attuazione della direttiva 2013/35/UE sulle disposizioni minime di sicurezza e di salute relative all’esposizione dei lavoratori ai rischi derivanti dagli agenti fisici (campi elettromagnetici) e che abroga la direttiva 2004/40/CE.”;
- **DM 11 Ottobre 2017** “Inquinamento elettromagnetico indoor”, per dimostrare la conformità al criterio 2.3.5.4 è necessario presentare una relazione tecnica, con relativi elaborati grafici, stato ante operam, interventi previsti, risultati raggiungibili e stato post operam;
- **Guida CEI 106-45 (gennaio 2021)**, Guida CEM – Guida alla valutazione dei rischi per la salute e la sicurezza derivante dall’esposizione ai campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici (CEM) fra 0 Hz e 300 GHz nei luoghi di lavoro.

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 4.1: Limiti di esposizione – DPCM 8 Luglio 2003

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.

5. DEFINIZIONI

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: $1A/m = 4\pi \cdot 10^{-7} T$.

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 sé 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. È 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 $1A \text{ m}^{-1} = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ T}$.

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.

Cavidotto

Conduttura adibita al passaggio di cavi elettrici per il trasporto o distribuzione dell'energia elettrica posto sotto il livello di calpestio.

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, ammassata, 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 I 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 (I_L). 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 confrontati 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.

6. CALCOLO DELLE DPA

Si è proceduto al calcolo della Distanze di Prima Approssimazione (DPA) per gli elementi d'impianto costituenti possibili fonti di inquinamento elettromagnetico:

- Cabina di connessione
- Cavidotto MT di connessione
- Cavidotti MT d'impianto
- Power station

Gli elementi sopra descritti sono tutti caratterizzati da una tensione nominale di 30 kV e 0,4 kV (a frequenza 50 Hz). Tale valutazione si riferisce esclusivamente alla fase di normale esercizio dell'impianto.

In riferimento alla normativa vigente dovranno essere valutati i seguenti limiti:

- 100 μ T esposizione istantanea, valore imposto dal DPCM 8 Luglio 2003 – Art. 3;
- 3 μ T obiettivo di qualità imposto dal DPCM 8 Luglio 2003 – Art. 4 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 negli ambienti ad esposizione prolungata di persone (superiore alle quattro ore giornaliere).

All'interno dei confini di proprietà relative alle opere d'impianto i limiti di esposizione, i valori di attenzione e gli obiettivi di qualità fissati dal DPCM 8 luglio 2003 non si applicano ai lavoratori esposti per ragioni professionali. Dalle informazioni ricevute dalla committenza, non risultano esistenti aree accessibili da popolazione all'interno della proprietà.

6.1 METODOLOGIA DI CALCOLO

Si riportano di seguito diversi strumenti per il calcolo delle DPA.

6.1.1 Formula di calcolo della DPA per cabine elettriche

La DPA è stata valutata impiegando la formula semplificata indicata nell'Allegato al Decreto 29 maggio 2008 "Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti". La DPA va quindi calcolata simulando una linea trifase, con cavi paralleli, percorsa dalla corrente nominale di maggior valore in ingresso/uscita dalla cabina elettrica (I) e con distanza tra le fasi pari al diametro reale (conduttore + isolante) del cavo (x) mediante la seguente formula di calcolo:

$$DPA = 0,40942 \cdot x^{0,5241} \cdot \sqrt{I} \quad (1)$$

6.1.2 Formule di calcolo della DPA per linee elettriche interrate a semplice terna

La stima delle DPA per le linee interrate 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.

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 (specifica per cavi interrati a trifoglio):

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

Dove:

- I è la corrente circolante nel conduttore espressa in ampere [A];
- S è la distanza tra le fasi che, in analogia a quanto previsto dal DM 29/05/2008, può essere considerata pari al diametro esterno dei cavi (conduttore + isolante) [m];
- R è la distanza del punto nel quale si desidera valutare il valore di campo magnetico indotto [m].

Da tale formula si ricava il valore della distanza per la quale è garantita un'induzione magnetica inferiore ai 3 μ T che coincide con l'obiettivo di qualità imposto dalla norma per gli effetti a lungo termine:

$$R' = 0,286 \cdot \sqrt{S \cdot I} \quad [\text{m}] \quad (3)$$

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

$$R_0 = \sqrt{0,082 \cdot S \cdot I - d^2} \quad [\text{m}] \quad (4)$$

Con il significato dei simboli di figura seguente:

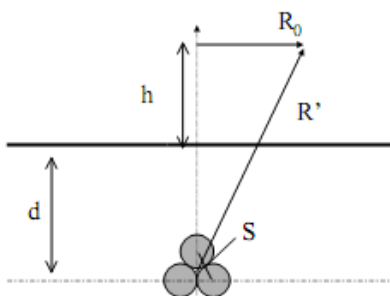


Figura 6-1: Tipico posa cavo AT con indicazione delle distanze di riferimento

Le premesse al calcolo sono:

- La corrente considerata è quella massima relativa alla portata del cavo
- La profondità massima di posa (d) è quella di progetto
- Le correnti si considerano equilibrate tra loro

6.1.3 Software di calcolo Magic® (By BeShielding)

Per i cavidotti costituiti da più terne, le formule precedenti non sono applicabili e si è ricorso all'ausilio del software di calcolo Magic® (By BeShielding). Attraverso tale software è possibile effettuare un calcolo preciso e puntuale per l'induzione magnetica. Il software consente di produrre grafici con curve isolivello dell'induzione magnetica e di stimare le Distanze di Prima Approssimazione.

6.2 CALCOLO DELLA DPA I CABINATI ELETTRICI D'IMPIANTO

In merito alla valutazione della distanza di prima approssimazione per i cabinetti elettrici si considera la distanza da ciascuna delle pareti (tetto, pavimento e pareti laterali) in quanto gli spazi interni non sono considerati luogo di lavoro stabile ma occupato dal personale tecnico in modo saltuario per una durata giornaliera inferiore alle 4 ore.

La DPA è stata valutata impiegando la formula semplificata indicata nell'Allegato al Decreto 29 maggio 2008 "Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti" e riportata in (1).

Per la cabina di connessione la DPA da considerare è quella relativa alle linee entranti dal lato delle power station; è stato preso come riferimento un diametro esterno dei cavi di 60 mm e una corrente massima pari a circa 700 A; la corrispondente DPA sarà pertanto pari a circa 3 m; oltre tale distanza dalle pareti l'induzione magnetica è sicuramente inferiore all'obiettivo di qualità di 3 μ T.

Per la power station la DPA da considerare è quella relativa alle linee entranti dal lato del campo agrivoltaico; è stato preso come riferimento un diametro esterno dei cavi di 50 mm e una corrente massima pari a circa 4000 A; la corrispondente DPA sarà pertanto pari a circa 5,5 m; oltre tale distanza dalle pareti l'induzione magnetica è sicuramente inferiore all'obiettivo di qualità di 3 μ T.

6.3 CALCOLO DELLE DPA PER IL CAVIDOTTO DI CONNESSIONE A 30 KV

Si riporta di seguito la valutazione della DPA per il cavidotto di connessione tra la cabina di connessione e la SSEU. Nella seguente Tabella sono riepilogate le caratteristiche considerate nella verifica delle DPA.

Tabella 6.1: Cavidotto di connessione a singola terna

DESCRIZIONE	COLLEGAMENTO	DISTANZA TRA LE FASI [MM]	DISTANZA TRA LE TERNE [MM]	PROFONDITÀ DEI CAVI DAL PIANO DI CALPESTIO [M]	CORRENTE TOTALE CAVIDOTTO [A]
Cavidotto di connessione	Da cabina di connessione a SSEU	65	-	1	700

Nel caso in esame, trattandosi di una singola terna è possibile applicare la formula (4). L'obiettivo di qualità è garantito ad una distanza di 2 m dal punto di proiezione del centro del cavidotto sul piano di calpestio. Pertanto, si introduce lungo il tracciato degli elettrodotti una fascia di rispetto di raggio pari a circa 2 m oltre la quale è garantito l'obiettivo di qualità di induzione magnetica inferiore ai 3 μ T.

6.4 CALCOLO DELLE DPA PER I CAVIDOTTI A 30KV INTERNI ALL'IMPIANTO

Per quanto riguarda i cavidotti MT interni all'impianto che trasportano l'energia dalle Power Station alla cabina di connessione si è analizzato il caso più critico dal punto di vista dell'impatto elettromagnetico. La DPA risultante in questo caso è stata estesa a tutti i cavidotti interni all'impianto, con un approccio cautelativo.

Nella seguente Tabella sono riepilogate le caratteristiche considerate nella verifica delle DPA.

Tabella 6.2: Cavidotti con 2 terne

DESCRIZIONE	COLLEGAMENTO	DISTANZA TRA LE FASI [MM]	DISTANZA TRA LE TERNE [MM]	PROFONDITÀ DEI CAVI DAL PIANO DI CALPESTIO [M]	CORRENTE TOTALE CAVIDOTTO [A]
Cavidotto a due terne	Cavi in ingresso e uscita PS4.1	60	-	0.8	400

Nella Figura di seguito si riporta il tipologico di scavo del caso in esame.

SEZIONE "B"

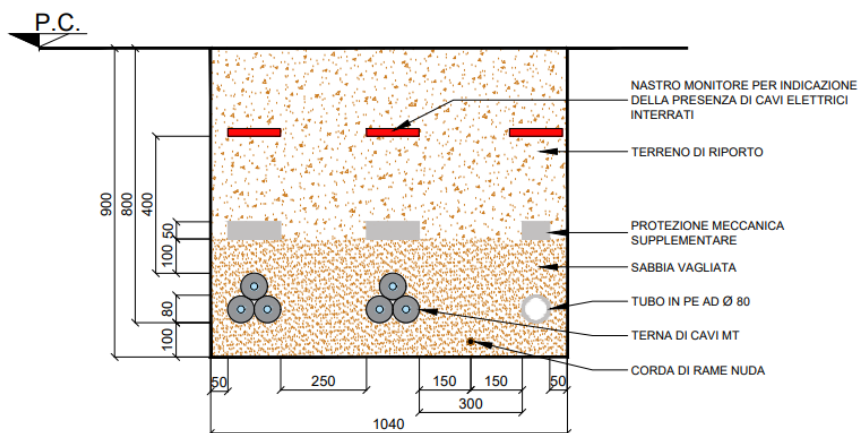


Figura 6.2: Tipologico dello scavo del cavidotto in oggetto

Il grafico seguente riporta le curve isolivello di induzione magnetica a 3, 10 e 100 μT nel piano perpendicolare all'asse della linea. L'origine del piano è posto nel punto di proiezione del centro del cavidotto sul piano di calpestio.

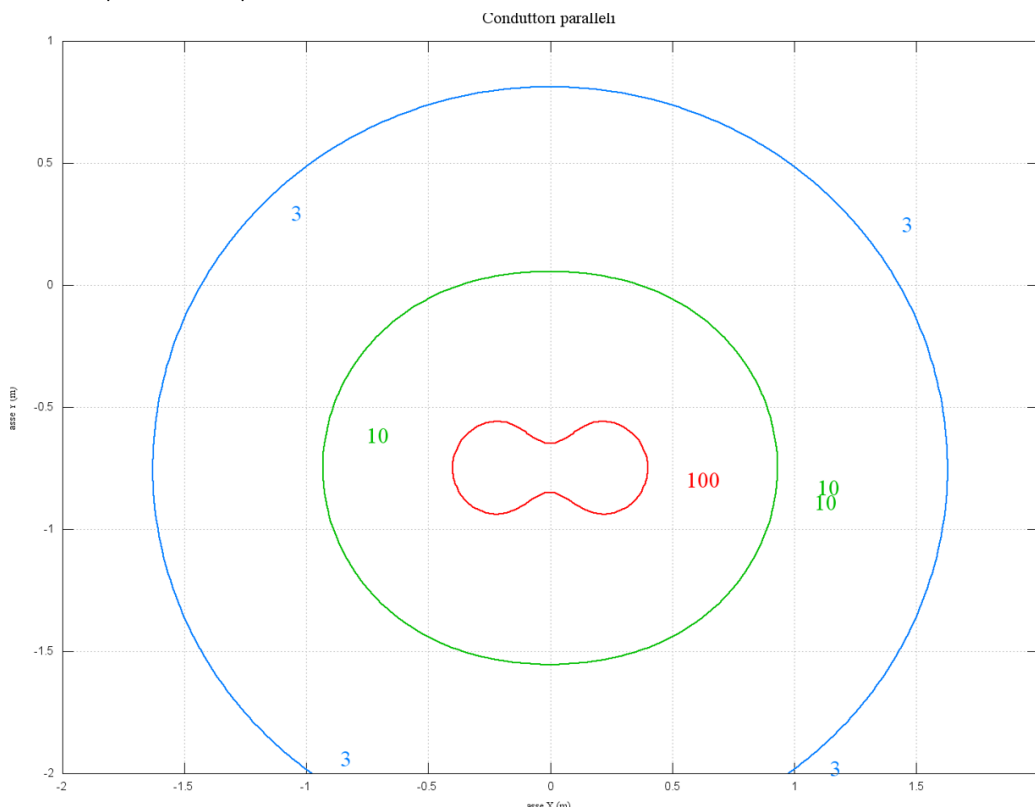


Figura 6.3: Curve isolivello d'induzione magnetica calcolate su un piano XY (distanze espresse in metri)

L'obiettivo di qualità è garantito ad una distanza di 1,45 m dal punto di proiezione del centro del cavidotto sul piano di calpestio. Pertanto, si introduce lungo il tracciato degli elettrodotti una fascia di rispetto di raggio pari a circa 1,5 m (arrotondamento al mezzo metro successivo), oltre la quale è garantito l'obiettivo di qualità di induzione magnetica inferiore ai 3 μT . Tale fascia di rispetto associata viene estesa a tutti i cavidotti interni all'impianto, con un approccio cautelativo.



7. CONCLUSIONI

Sulla base dei risultati delle simulazioni di campo magnetico, è possibile notare che:

1. Per la cabina di connessione MT viene associata una fascia di rispetto pari a circa 3,0 m dal perimetro della cabina, oltre la quale è garantito l'obiettivo di qualità di induzione magnetica inferiore ai 3 μ T.
2. Per le Power station viene associata una fascia di rispetto pari a circa 5,5 m dal perimetro di ciascun cabinato, oltre la quale è garantito l'obiettivo di qualità di induzione magnetica inferiore ai 3 μ T.
3. Lungo il tracciato del cavidotto di connessione a 30 kV viene associata una fascia di rispetto di raggio pari a 2 m dal punto di proiezione del centro del cavidotto sul piano di calpestio, oltre la quale è garantito l'obiettivo di qualità di induzione magnetica inferiore ai 3 μ T.
4. Lungo il tracciato dei cavidotti MT interni all'impianto viene associata una fascia di rispetto di raggio pari a 1,5 m dal punto di proiezione del centro del cavidotto sul piano di calpestio, oltre la quale è garantito l'obiettivo di qualità di induzione magnetica inferiore ai 3 μ T.

A valle di tali considerazioni, qualsiasi violazione dei vincoli precedentemente elencati o variazione di caratteristiche elettriche e/o geometriche potrebbe determinare una variazione dei risultati ottenuti dalle simulazioni, pertanto si rimanda alla fase esecutiva per successivi e definitivi calcoli in merito.

Si segnala che, nel caso non si rispettasse l'obiettivo di qualità dei 3 μ T, in fase esecutiva dovrà essere predisposta la schermatura dei cavi, secondo la tecnica di posa che prevede di inserire i cavi in apposite canalette di materiale ferromagnetico riempite con cemento a resistività termica stabilizzata. Le canalette dovranno essere utilizzate nei tratti di elettrodotto caratterizzati dalla vicinanza a strutture potenzialmente sensibili per le quali si ha la necessità di ridurre i valori assunti dal campo magnetico, e sono realizzate con acciai di diverso spessore, con differente capacità di attenuazione del campo magnetico.