

Progetto stallo di connessione
Ing. Massimiliano Minorchio



Progetto Elettrico
Per. Ind. Massimo Ghesini
Ing. Francesco Piergiovanni



Progetto Linea Elettrica
Geom. Stelio Poli
Ing. Chiara Baldi
Geom. Valentina Cristofori

polienergiesurl

Ambiente
Ing. Roberta Mazzolani
Ing. David Negrini

Studio Associato Ne.Ma
Ingegneria Ambiente Sicurezza

Via Confine 24/a - 48015 Cervia (RA)
P.IVA 02653670394

Geologia e Acustica
Dott.ssa Giulia Bastia
Dott. Maurizio Castellari
Dott.ssa Marta Cristiani



Progetto Strutturale
Ing. Gianluca Ruggi



Progetto Architettonico
Arch. Antonio Gasparri
Arch. Andrea Ricci Bitti

Collaboratori
Arch. Isabella Cevolani
Arch. Martina Cortesi
Arch. Agnese Di Tirro
Arch. Beatrice Mari
Arch. Francesco Ricci Bitti
Arch. Valeria Tedaldi
Arch. Cecilia Venieri
Dott. Cristian Griguoli



COMUNE DI FERRARA

REALIZZAZIONE IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA SU TERRENO AGRICOLO DI POTENZA DI PICCO PARI A 31,41816 MWp E POTENZA NOMINALE PARI A 26,400 MWp UBICATO IN PROSSIMITA' DELLA TANGENZIALE OVEST - SS 723 NEL COMUNE DI FERRARA

COMMITTENTE: XC SOLAR SRL
p.IVA 02700980390
Legale rappresentante: **Cristiano Vitali**
C.F. VTLCST67R26H199U

PROGETTISTA: Ingegnere David Negrini
C.F. NGRDVD72E08H199E
Ingegnera **Roberta Mazzolani**
C.F. MZZRRT81S45C265D

N. ELABORATO A1	ELABORATO RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA GENERALE
SCALA 1:5000	RIFERIMENTO PRATICA IMPIANTO EX QVETTE
DATA 30/10/2022	REVISIONE

General contractor



Protesa spa
Via Ugo la Malfa n.24 Imola 40026 (BO)
telefono 0542 644069 mail info@protesa.net sito www.protesa.net

Proprietà riservata. È vietata la riproduzione totale e parziale e/o la comunicazione a terzi del presente elaborato e calcolo ad esso relativo che non siano espressamente autorizzate.
In mancanza di rispetto gli interessati si riservano il diritto di procedere a termini di legge.

file cartiglio.dwg

PROTESA

Sede legale
Via Ugo la Malfa, 24
40026 Imola (Bo) Italy
Tel. +39 0542 644069
Fax.+39 0542 688271
info@protesa.net
www.protesa.net

PROTESA S.p.A.
Capitale Sociale € 120.000 i.v.
Reg. Imp. BO e C.F. n. 02120631201 - REA n. 414896
P.IVA IT02120631201
Ruolo Agenti e Rappresentanti di Commercio N.26398
Società appartenente al Gruppo Sacmi Imola S.C.
"Azienda certificata ISO 9001"

a company of
 **SACMI**



RELAZIONE ILLUSTRATIVA



Sommario

1. PREMESSA.....	2
2. INTRODUZIONE	3
3. RIFERIMENTI NORMATIVI.....	4
4. UBICAZIONE IMPIANTO.....	6
6. DIMENSIONAMENTO DEGLI IMPIANTI	12
7. PRINCIPALI COMPONENTI DI IMPIANTO	13
7.1. MODULI FOTOVOLTAICI	13
7.2. SOLAR INVERTER.....	16
7.3. STRUTTURE DI FISSAGGIO.....	19
7.4. STAZIONE DI TRASFORMAZIONE.....	21
8. IMPIANTI AUSILIARI E OPERE CIVILI	22
8.1. IMPIANTO DI TERRA ED EQUIPOTENZIALE	22
8.2. IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE PERIMETRALE	22
8.3. IMPIANTO DI VIDEOSORVEGLIANZA.....	22
8.4. RECINZIONE PERIMETRALE	23

1. PREMESSA

L'opera oggetto della presente relazione illustrativa riveste un ruolo di importanza strategica nell'assetto energetico Nazionale in quanto contribuisce, in modo molto significativo, al raggiungimento degli obiettivi energetici proposti dall'Italia e inseriti nel Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima (NECP), come indicato nel documento "National Survey Report of PV Power Application in Italy 2018" redatto a cura del GSE e dell'RSE. A tal proposito, il Paese si è impegnato ufficialmente ad incrementare la quota di energia elettrica consumata e prodotta da fonti rinnovabili (FER), passando di fatto dal 34% nel 2017 al 55% nel 2030.

Il raggiungimento di un tale ottimistico risultato non può, in alcun modo, prescindere dal contributo fornito dalla produzione di energia elettrica da fonte solare (fotovoltaica) che rappresenta la quota parte più importante di energia "verde" prodotta in Italia. Quanto sopra descritto si traduce, in pratica, in un necessario incremento della capacità fotovoltaica installata che, per perseguire gli obiettivi prefissati, nel 2030 dovrebbe raggiungere i 50 GW complessivi, attualmente si attesta attorno ai 20 GW complessivi.

Molto è stato fatto in passato da parte del Governo per incentivare la produzione di energia da fonte solare fotovoltaica, e, dopo un breve periodo di stallo durato circa 4/5 anni, oggi sono state profuse nuove forze e nuove idee propedeutiche al conseguimento dei suddetti obiettivi energetici e dare nuovo slancio al mercato Nazionale delle energie rinnovabili. Tuttavia, da analisi effettuate risulterebbe che tutti gli sforzi profusi non sarebbero sufficienti per il raggiungimento degli obiettivi energetici 2030, e quindi sarebbero destinati a rimanere un miraggio senza l'apporto fornito allo scopo dalle grandi centrali fotovoltaiche, ovvero da impianti in utility scale che producono energia rinnovabile in regime di grid parity.

Le stesse considerazioni vanno ovviamente fatte anche in relazione al Piano Energetico Regionale, lo strumento di programmazione strategica con il quale la Regione ha definito gli obiettivi e le modalità per far fronte agli impegni fissati dall'UE attraverso la Roadmap al 2050.

Con il Decreto Ministeriale 15 marzo 2012, cosiddetto Burden Sharing, sono state assegnate alle Regioni le rispettive quote di produzione di energia da fonti rinnovabili elettriche e termiche per concorrere al raggiungimento dell'obiettivo nazionale.

Tra i macro-obiettivi del PER c'è non solo quello di allinearsi alla media nazionale, ma quello di divenire esempio virtuoso per produzione energetica da fonti rinnovabili e nell'innovazione energetica.

In tale contesto le opere oggetto della presente relazione possono essere considerate di importanza fondamentale, quasi strategica, nel panorama energetico Nazionale.

2. INTRODUZIONE

Scopo del presente documento è quello di illustrare i criteri progettuali e le principali caratteristiche tecniche relative alla costruzione di un impianto fotovoltaico associato alla società XC SOLAR SRL con sede in Vicolo Gabbiani 30 Ravenna (RA).

Si prevede di realizzare il parco fotovoltaico alloggiando i moduli su apposite strutture di sostegno che andranno a loro volta infisse nel terreno, senza l'ausilio di elementi in calcestruzzo, sia prefabbricato che in opera. In questo modo si fornisce un adeguato supporto sia a fronte dei carichi propri che accidentali, mantenendo al contempo inalterate le caratteristiche di permeabilità dell'area.

Le strutture di sostegno hanno un orientamento EST-OVEST e ciascuna è composta da 12 moduli fotovoltaici da 545 Wp, in modo da ottimizzare gli spazi, per un totale di 57648 moduli e una potenza complessiva installata di 31,41816 MWp per una produzione di 35 509 786,2 kWh annui.

L'impianto sarà alimentato tramite una linea elettrica a 20 kV in cavi sotterranei in partenza dallo stallo 132 kV, interno alla futura stazione TERNA di Aranova, ed in arrivo alla cabina di consegna dell'energia prodotta dal campo fotovoltaico ubicata internamente al campo stesso.

La tabella 1 riporta la denominazione e la potenza nominale di picco dell'impianto fotovoltaico oggetto della presente relazione illustrativa:

DENOMINAZIONE IMPIANTO	EX CIVETTE
POTENZA DI PICCO (MWp)	31,41816
POTENZA NOMINALE (MW)	26,400

Tabella 1

L'idea alla base del presente sviluppo progettuale è quella di massimizzare la potenza di picco dell'impianto fotovoltaico in rapporto alla superficie utile di terreno disponibile nel pieno rispetto di tutte le norme tecniche di costruzione e di esercizio vigenti. La scelta dell'architettura di impianto e dei materiali da utilizzare per la costruzione tengono conto della moderna tecnologia che è in grado di offrire in termini di materiali e degli standard costruttivi propri della Società proponente.

3. RIFERIMENTI NORMATIVI

Dovranno essere rispettate le prescrizioni imposte dalla D.M. 37-2008: Regolamento concernente l'attuazione dell'articolo 11, comma 13, lettera a) della legge n. 248 del 2 dicembre 2005, recante riordino delle disposizioni in materia di attività di installazione degli impianti all'interno degli edifici.

Devono essere altresì rispettate le prescrizioni dettate dalle seguenti disposizioni legislative:

- Legge n.186/1968: "Disposizioni concernenti la produzione di materiali, apparecchiature, macchinari, installazioni ed impianti elettrici ed elettronici";
- D.Lgs. n.81 del 9/04/2008: "Attuazione dell'articolo 1 della legge 3 agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro";
- Legge 791/77: "attuazione della direttiva europea n.73/23/CEE - Direttiva Bassa Tensione"
- D.Lgs. 14/08/96 n°493: "Segnaletica di sicurezza e/ o salute sul luogo del lavoro";
- D.Lgs. 12/11/96 n°615: "Attuazione della direttiva 89/336/CEE del Consiglio del 03/05/1989 in materia di riavvicinamento delle legislazioni degli stati membri relative alla compatibilità elettromagnetica, modificata ed integrata dalla direttiva 92/31/CEE del Consiglio del 28/04/1992, dalla direttiva 93/68/CEE del Consiglio del 22/07/1993 e dalla direttiva 93/97/CEE del Consiglio del 29/10/1993".
D.G.R. 5/1 del 28/01/2016.

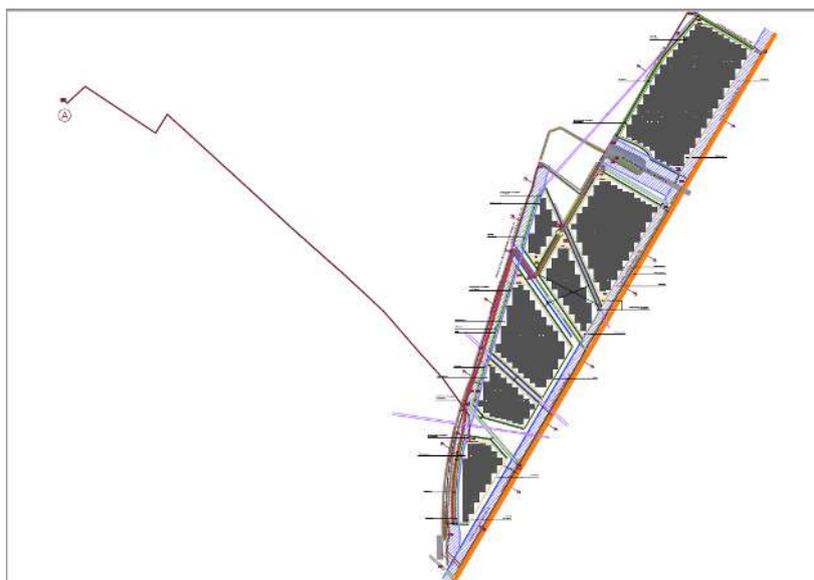
In base alla destinazione finale d'uso degli ambienti interessati, dovranno essere rispettate le prescrizioni normative tecniche dettate da:

- CEI 64-8: "Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in C.A. e a 1500 V in C.C.";
- CEI 11-17: "Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione pubblica di energia elettrica. Linee in cavo da 1 a 45 Kv";
- CEI 17-6: "Apparecchiatura prefabbricata con involucro metallico per tensioni da 1 a 52 KV";
- CEI 17-11: "Interruttori di manovra, sezionatori, interruttori - sezionatori in aria e unità combinate con fusibili per corrente alternata e tensione nominale non superiore a 1.000 V e per corrente continua e tensione nominale non superiore a 1.200 V";
- CEI 17-13/1: "Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per Bassa Tensione. Parte 1: Apparecchiature di serie soggette a prove di tipo (AS) ed apparecchiature non di serie parzialmente soggette a prove di tipo (ANS)";
- CEI 17-21: "Prescrizioni comuni per l'apparecchiatura di manovra e di comando ad alta tensione";
- CEI 23-51: "Prescrizioni per la realizzazione, le verifiche e le prove dei quadri di distribuzione per installazioni fisse per uso domestico e similare." Si sottolinea come, in conformità a quanto prescritto dalla Normativa CEI 23-51, i quadri di distribuzione con corrente nominale maggiore di 32A (e minore di 125A), sono sottoposti a verifiche analitiche dei limiti di sovratemperatura, secondo le modalità illustrate dalla stessa CEI 11-17 "Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica – Linee in cavo";
- CEI 20-22: "Prova dei cavi non propaganti l'incendio";
- CEI 20-38: "Cavi isolati con gomma non propaganti l'incendio ed a basso sviluppo di fumi e gas tossici e corrosivi";

- ISO 3684: "Segnali di sicurezza, colori";
- CEI 81-3: "Valori medi del numero di fulmini a terra per anno e per chilometro quadrato nei comuni d'Italia, in ordine alfabetico";
- CEI 81-10/1: "Protezione contro i fulmini" Principi generali CEI 81-10/2: "Protezione contro i fulmini" Valutazione del rischio CEI 81-10/3: "Protezione contro i fulmini" Danno materiale alle strutture e pericolo per le persone CEI 81-10/4: "Protezione contro i fulmini" Impianti elettrici ed elettronici nelle strutture;
- Sono inoltre considerate le raccomandazioni contenute all'interno delle seguenti Guide:
- CEI 82-25 Guida alla realizzazione di sistemi di generazione fotovoltaica collegati alle reti elettriche di Media e Bassa tensione;
- CEI 11-35: Guida per l'esecuzione di cabine elettriche MT/BT del cliente/utente finale;
- CEI 11-25 "Correnti di corto circuito nei sistemi trifasi in corrente alternata. Parte 0. Calcolo delle correnti";
- CEI 11-28 "Guida d'applicazione per il calcolo delle correnti di cortocircuito nelle reti radiali a bassa tensione";
- CEI 64-50 "Guida per l'integrazione nell'edificio degli impianti elettrici utilizzatori e per la predisposizione per impianti ausiliari, telefonici e di trasmissione dati. Criteri generali";
- CEI 64-53: "Guida per l'integrazione nell'edificio degli impianti elettrici utilizzatori e per la predisposizione per impianti ausiliari, telefonici e di trasmissione dati. Criteri particolari per edifici ad uso prevalentemente residenziale";
- "CEI 0-16; V4:" Regola tecnica di riferimento per la connessione di utenti attivi e passivi alle reti AT e MT delle imprese distributrici di energia elettrica".

4. UBICAZIONE IMPIANTO

Come anticipato, l'impianto fotovoltaico in progetto, sarà realizzato interamente nel territorio del comune di Ferrara, su terreni regolarmente censiti al catasto come da piano particellare di seguito riportato (tabella 2). Il design di impianto ha tenuto conto delle superfici di terreno disponibile all'installazione del generatore fotovoltaico, come di seguito riportato.



Rispetto all'agglomerato urbano di Ferrara, l'area di impianto è ubicata in un'area individuata nella zona periferica a Sud dell'abitato in prossimità della tangenziale Ovest – SS 723, ad una distanza media di circa 2,535 km in linea d'aria dal suo centro.

L'area oggetto di intervento si presenta, allo stato attuale, utilizzata per la produzione agricola con prevalenza di coltivazioni estensive, non arboree.

DENOMINAZIONE IMPIANTO	EX CIVETTE
LATITUDINE	44° 49' 57" N
LONGITUDINE	11° 37' 16" E
FOGLIO CATASTALE	159, 190, 191
PARTICELLE FOGLIO 159	201, 224, 226
PARTICELLE FOGLIO 190	58, 61, 65
PARTICELLE FOGLIO 191	70, 90, 94, 95, 98, 100

Tabella 2



Nell'immagine satellitare di cui sopra, l'area occupata dall'impianto fotovoltaico è evidenziata in rosso, mentre è indicata con una linea continua gialla l'elettrodotta, ovvero la linea elettrica in cavo alla tensione nominale di esercizio di 20 kV (MT) che collega l'impianto fotovoltaico al nuovo stallo in Alta Tensione (AT), previsto nella stazione TERNA di Aranova.

Nel punto di consegna della linea elettrica è prevista la realizzazione di una sezione AT a 132 kV e locali tecnici funzionali per l'alloggiamento delle apparecchiature del sistema di protezione comando e controllo e di alimentazione dei servizi ausiliari e generali, di dimensioni pari a 25,3x4,5 metri.

5. DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO FOTOVOLTAICO: CARATTERISTICHE SALIENTI

Il generatore fotovoltaico sarà realizzato a terra e si estenderà su una superficie di terreno a destinazione prettamente agricola insistente nel territorio del comune di Ferrara (FE). Nella tabella 3 si riportano le caratteristiche principali per ciascun impianto:

DENOMINAZIONE IMPIANTO	EX CIVETTE
SUPERFICIE RECINTATA (ha)	23,0124
POTENZA NOMINALE (MW)	26,400
POTENZA DI PICCO (MWp)	31,41816
MODULI INSTALLATI	57648
TOTALE INVERTER	111

Tabella 3

Il sistema realizzato composto da moduli, ancoraggi e struttura di sostegno, dovrà avere prestazioni meccaniche idonee a sopportare i carichi statici di pressione di neve e vento secondo la normativa vigente.

I moduli fotovoltaici utilizzati avranno potenza pari a 545 Wp, verranno montati su dei supporti con inclinazione di 11° e avranno tutti la medesima esposizione; gli ancoraggi della struttura dovranno resistere a raffiche di vento fino alla velocità di 120 km/h.

I pannelli scelti per la realizzazione dell'impianto oggetto della presente relazione sono di tipo bifacciale, avranno dimensioni pari a 2256 H x 1133 L x 35 P mm e sono composti da 144 celle in silicio monocristallino. L'impianto è composto da 57648 moduli aggregati in 4804 vele da 12 elementi ciascuna e alloggiati, su supporti costituiti da strutture metalliche di peso proprio ridotto, a loro volta connesse al terreno mediante pali infissi o viti a trivella.

Si prevede di utilizzare moduli in silicio monocristallino ad alta efficienza di caratteristiche tecnologiche tali da soddisfare interamente i requisiti previsti dalle norme tecniche del Decreto Ministeriale sul fotovoltaico del 05 luglio 2012 (D.M. 05/07/2012), del Decreto Ministeriale sul fotovoltaico del 19 febbraio 2007 (D.M. 19/02/2007) e s.m.i., delle Delibere Attuative della Autorità per l'Energia Elettrica e il Gas (A.E.E.G.) n° 98/08, n° 179/08, n° 84/2012 e s.m.i. che si intendono qui integralmente trascritte.

Ogni modulo, di peso 32,3 kg circa, presenta una cornice in alluminio anodizzato dotata di più fori per consentire il fissaggio alla carpenteria di sostegno e il passaggio dei cavi. Inoltre, la vetratura anteriore, in vetro temperato, è caratterizzata da elevata resistenza soprattutto alle azioni flessionali, e alla grandine (Norma CEI/EN 61215) ed è altamente trasparente, mentre quella posteriore è rinforzata per conferire al sistema modulo-cornice una sufficiente rigidità e resistenza alle azioni di vento e neve.

Le altre caratteristiche del modulo sono:

- Alte prestazioni con efficienza del modulo pari 21,3%.
- Telaio in lega di alluminio anodizzato ad alta resistenza, con angoli robusti.
- Celle incapsulate in EVA (etilvinilacetato) di elevata qualità.
- Fori di drenaggio per una migliore evacuazione dell'acqua condensata con parti d'angolo robuste e protette.
- Rivestimento posteriore impermeabilizzante ad alta prestazione.
- Scatola di giunzione IP68 certificata TUV con connettori MC4 e 3 diodi di by-pass ad alto rendimento; garantisce il funzionamento del modulo anche in caso di ombreggiamenti localizzati.

I dati elettrici in condizioni standard dei moduli sono i seguenti:

Tolleranza di potenza (%)	0 ~ + 5W
Tensione di massima potenza (V)	41,80
Corrente di massima potenza (A)	13,04
Tensione a circuito aperto (V)	49,65
Corrente di corto circuito (A)	13,92

Per la conversione della corrente continua prodotta dai moduli fotovoltaici in corrente alternata fruibile dal sistema di distribuzione e trasmissione nazionale, saranno utilizzate delle stazioni di trasformazione composte dalla combinazione di inverter da 800 V_{ac} , trasformatore MT/BT 20/0,8 kV, quadri elettrici oltre agli apparati di gestione, controllo e protezione necessari al corretto funzionamento ordinario dei suddetti apparati.

Il design di impianto prevede l'utilizzo di inverter di stringa, ovvero unità statiche di conversione della corrente DC/AC caratterizzate da potenze nominali molto elevate e dotate di multi-MPPT (inseguimento della massima potenza), nello specifico caso in esame gli MPPT per ciascuna unità inverter saranno dodici, visto che ogni singola macchina sono in realtà dodici di potenza pari ad 1/12 di quella nominale. Come evidenziato, ogni inverter è collocato in campo in una struttura di supporto dedicata. Pertanto, ciascun inverter è poi collegato ad un quadro di sezionamento, che a sua volta è connesso ad un quadro AC all'interno della cabina di trasformazione più vicina all'apparato. Al suo interno oltre al quadro in corrente alternata che raccoglie tutti gli inverter sarà presente un trasformatore MT/BT da 20/0,8 kV, necessario ad elevare la tensione da 800 V a quella di rete (20000 V).

Le cabine di trasformazione avranno una struttura a pannelli, ovvero moduli componibili in loco, e saranno di due tipi a seconda del numero di trasformatori presenti al loro interno:

- N. 5 cabine di trasformazione di dimensioni (6,84 L x 3,5 H) metri con un trasformatore da 1600 kVA;
- N. 4 cabine di trasformazione di dimensioni (12,50 L x 3,50 H) metri con n. 2 trasformatori da 2500 kVA.

Lo spazio all'interno del manufatto sarà organizzato in modo tale da avere un'area per il sezionamento e la protezione delle apparecchiature MT ed il contenimento di un trasformatore da 20 kVA dedicato all'alimentazione di tutti i servizi a corredo dell'impianto fotovoltaico.

Il quadro di media tensione è l'apparato dove saranno attestate tutte le linee MT provenienti dalle cabine di trasformazione in campo e rappresenta il punto di interfaccia con la rete di MT.

Il campo fotovoltaico prevede la realizzazione di un sistema di viabilità interna e/o perimetrale che possa consentire in modo agevole il raggiungimento di tutti i componenti in campo, sia per garantire la sicurezza dell'opera, che per la corretta gestione nelle operazioni di manutenzione.

La viabilità perimetrale e centrale interna all'impianto sarà in stabilizzato a +1 m rispetto al piano campagna attuale (altezza minima per mettere in sicurezza idraulica le cabine, come richiesto dal piano di gestione rischio alluvioni PGRA). L'impianto sarà protetto contro gli accessi indesiderati mediante l'installazione di una recinzione perimetrale e di un sistema di illuminazione e videosorveglianza. L'accesso carrabile sarà costituito da un cancello a due ante realizzato in maglia elettrosaldata zincata, larghezza 5 metri e montato su pilastri in ferro zincato con interasse da 2 metri, infissi nel terreno ad una certa profondità.

La recinzione perimetrale sarà realizzata con rete a maglia sciolta plastificata di colore verde alta 1,80 metri, collegata a pilastri infissi direttamente nel suolo per una profondità di 100 cm ad interasse di 2,00 m uno dall'altro. La rete non sarà realizzata a totale chiusura del perimetro, rispetto al piano campagna, infatti, sarà lasciato un passaggio di altezza 20 cm che consenta il passaggio della fauna selvatica di piccola taglia.

La viabilità perimetrale e centrale interna all'impianto sarà realizzata con del misto di cava fine e medio e avranno una larghezza rispettivamente pari a 8 e 15 metri.

Il sistema di illuminazione e videosorveglianza prevede l'installazione dei componenti in campo su pali in acciaio zincato fissati al suolo con plinto di fondazione in calcestruzzo armato lungo tutto il perimetro. I pali avranno un'altezza massima di 3,0 metri, saranno dislocati ogni 40 metri lungo la recinzione perimetrale e su di essi saranno montati corpi illuminanti (che si attiveranno in caso di allarme/intrusione) e le videocamere del sistema di sorveglianza.

Nell'esercizio ordinario degli impianti non sono previsti consumi di energia, eccezion fatta per il sistema di illuminazione e videosorveglianza che avrà una sua linea di alimentazione elettrica tradizionale: è prevista l'installazione di un trasformatore di 20 kVA per il funzionamento di tutti i sistemi ausiliari.

L'energia prodotta dal generatore fotovoltaico sarà disponibile al confine fisico dell'impianto ad una tensione nominale di 20 kV messa a disposizione dal distributore di rete e- Distribuzione S.P.A.

Sia le linee di bassa tensione in corrente continua e in corrente alternata, sia le linee di media tensione andranno nell'area di pertinenza all'impianto. Tutti i cavi saranno posati in polifora all'interno di scavi con l'ausilio di cavidotti o protezioni meccaniche; tutti saranno opportunamente segnalati mediante la posa di nastro ad una distanza di circa 30 cm verso il piano campagna.

I collegamenti, esterni all'area di impianto, saranno realizzati per quanto possibile a lato della viabilità comunale e rurale esistente.

L'esercizio ordinario dell'impianto fotovoltaico non richiede ausilio o presenza di personale addetto, tranne per le eventuali operazioni di riparazione in caso di guasto o per le operazioni di manutenzione ordinarie e straordinarie. Con cadenza saltuaria sarà necessario provvedere alla pulizia dell'impianto, che si divide in due operazioni: lavaggio dei pannelli fotovoltaici per rimuovere lo sporco naturalmente accumulatosi sulle superfici captanti (trasporto eolico e meteorico) e preparazione del terreno sottostante i pannelli. La frequenza delle suddette operazioni avrà indicativamente carattere stagionale, salvo casi particolari individuati durante la gestione dell'impianto. Le operazioni di lavaggio dei pannelli saranno effettuate con un trattore di piccole dimensioni equipaggiato con una lancia in pressione e una cisterna di acqua demineralizzata. Il trattore passerà sulla viabilità di impianto e laverà i pannelli alla bisogna. L'azione combinata di acqua demineralizzata e pressione assicura una pulizia ottimale delle superfici captanti evitando sprechi di acqua potabile e il ricorso a detersivi e sgrassanti.

Tutte le operazioni di manutenzione e riparazione di natura elettrica saranno effettuate da ditte specializzate, con proprio personale e mezzi, con cadenze programmate o su chiamata del gestore dell'impianto.

6. DIMENSIONAMENTO DEGLI IMPIANTI

In riferimento alla tecnologia fotovoltaica attualmente disponibile sul mercato per impianti utility scale, per il presente progetto sono state implementate le migliori soluzioni di sistema che consentono al contempo di massimizzare la produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile e minimizzare l'occupazione di suolo e l'utilizzo di risorse naturali.

L'evoluzione tecnologica consente di raggiungere, mediante l'installazione di un numero di moduli relativamente ridotto, potenze di picco molto rilevanti, come indicato in tabella 3.

In tabella 4 sono riportate le caratteristiche di dimensionamento dell'impianto. Le stringhe fotovoltaiche saranno collegate direttamente ai rispettivi ingressi del relativo inverter. Ciascun inverter e quadro di sezionamento saranno collocati in campo esattamente sotto la struttura di sostegno delle vele di pannelli e fissati ad un sostegno metallico appositamente realizzato e infisso nel terreno.

La trasformazione sarà pertanto composta da nove cabine di trasformazione MT/BT, un quadro AC e dagli apparati ausiliari necessari al funzionamento ordinario dell'intero sistema. Sono previsti sette sottocampi che gestiranno uno o due cabine.

DENOMINAZIONE IMPIANTO	EX CIVETTE
NUMERO DI MODULI	57648
CABINE DI TRASFORMAZIONE	9
NUMERO TOTALE INVERTER	111
POTENZA NOMINALE INVERTER IN CA (kVA)	225, 320
TOTALE POTENZA AC IMPIANTO (kVA)	26.400

Tabella 4

7. PRINCIPALI COMPONENTI DI IMPIANTO

I generatori fotovoltaici sono sistemi in grado di captare e trasformare l'energia solare in energia elettrica, connessi alla rete elettrica di distribuzione (grid-connected): l'energia solare viene convertita in corrente elettrica continua per alimentare il carico-utente e/o immessa in rete, con la quale lavora in regime di interscambio.

Gli impianti fotovoltaici sono composti dal generatore fotovoltaico, che è la parte in corrente continua (c.c.) dell'impianto, comprensivo di inverter in grado di convertire la tensione da c.c. a corrente alternata (c.a). I moduli sono in grado di convertire l'energia derivante dalla luce solare in un generatore elettrico attraverso una giunzione P-N (semiconduttore). Una volta convertita la tensione, essa viene trasferita al valore di rete (20000 V) attraverso i trasformatori.

Il rendimento di conversione complessivo di un impianto è il risultato di una serie di rendimenti, che a partire da quello della cella, passando per quello del modulo, inverter, trasformatore fino al sistema di controllo della potenza e di quello di conversione, permette di ricavare la percentuale di energia incidente che è possibile trovare all'uscita dell'impianto, sotto forma di energia elettrica, resa al carico utilizzatore.

Nel seguito del paragrafo si descriveranno le tecniche e le tecnologie scelte per l'impianto EX CIVETTE con indicazioni delle prestazioni relative, nonché sulle soluzioni progettuali e operative adottate per minimizzare le emissioni e il consumo di risorse naturali.

7.1. MODULI FOTOVOLTAICI

Lo stato dell'arte sulle tecnologie disponibili per il settore fotovoltaico prevede l'utilizzo, per i grandi impianti utility scale, di moduli fotovoltaici le cui celle sono realizzate prettamente in silicio cristallino sia nella versione monocristallino che policristallino. Tutte le altre tecnologie si sono dimostrate o troppo costose o poco efficienti. Le prestazioni raggiunte dai moduli fotovoltaici in silicio cristallino attualmente disponibili sul mercato, in termini di efficienza e di comportamento in funzione della temperatura, sono notevolmente migliori rispetto a quelle disponibili anche solo un paio di anni fa. Attualmente il grado di efficienza di conversione si attesta attorno al 18% per i moduli in silicio policristallino e ben oltre il 22% per quelli in silicio monocristallino sia tradizionali che con tecnologia PERC (Passivated Emitter and Rear Cell). Questo risultato tecnologico ha consentito ai moduli fotovoltaici di raggiungere potenze nominali maggiori a parità di superficie del modulo.

Per il presente progetto la scelta dei moduli è ricaduta sulla tecnologia in silicio monocristallino del tipo bifacciale con moduli di potenza pari a 545W e dimensioni (2256 x 1133 x 35 mm), il modulo individuato è LONGI SOLAR HI-MO 5 per il quale si evidenzia un massimo di efficienza di 21,3%.

Basato su un wafer di silicio di 182 mm di grandi dimensioni e su una cella PERC monocristallina, il modulo LONGI è dotato di diverse caratteristiche di progettazione innovative che consentono un'uscita di potenza superiore a 520W. L'eccellente coefficiente di temperatura e le prestazioni di bassa irradiazione si traducono in una maggiore potenza. Inoltre, la corrente di lavoro è di circa 13 A, che si adatta perfettamente agli inverter di stringa tradizionali e la modalità bifacciale aumenta la resa energetica complessiva.

Hi-MO 5

LR5-72HBD 520~545M

- Based on M10-182mm wafer, best choice for ultra-large power plants
- Advanced module technology delivers superior module efficiency
 - M10 Gallium-doped Wafer
 - Smart Soldering
 - 9-busbar Half-cut Cell
- Globally validated bifacial energy yield
- High module quality ensures long-term reliability

 12-year Warranty for Materials and Processing

 30-year Warranty for Extra Linear Power Output

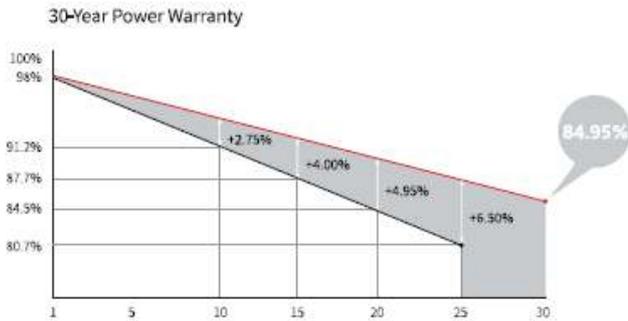
Complete System and Product Certifications

IEC 61215, IEC 61730, UL 61730
ISO 9001:2008: ISO Quality Management System
ISO 14001: 2004: ISO Environment Management System
TS16949: Guideline for module design qualification and type approval
OHSAS 18001: 2007 Occupational Health and Safety

LONGI

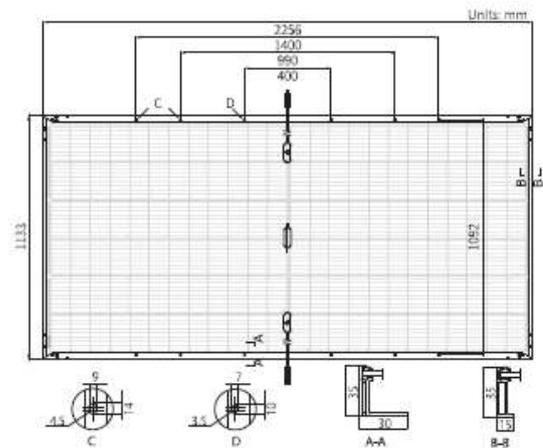
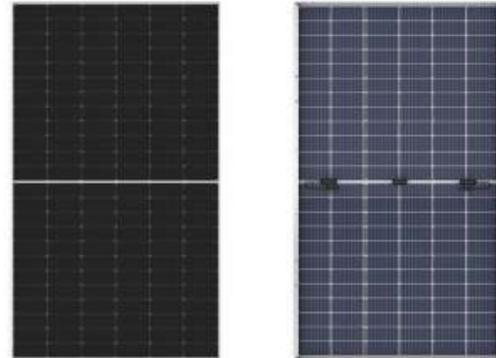


Additional Value



Mechanical Parameters

Cell Orientation	144 (6×24)
Junction Box	IP68, three diodes
Output Cable	4mm ² , positive 400 / negative 200mm length can be customized
Glass	Dual glass, 2.0mm coated tempered glass
Frame	Anodized aluminum alloy frame
Weight	32.3kg
Dimension	2256×1133×35mm
Packaging	31pcs per pallet / 155pcs per 20' GP / 620pcs per 40' HC



Electrical Characteristics

STC : AM1.5 1000W/m² 25°C

Test uncertainty for P_{max}: ±3%

	520	525	530	535	540	545
Power Class	520	525	530	535	540	545
Maximum Power (P _{max} /W)	520	525	530	535	540	545
Open Circuit Voltage (V _{oc} /V)	48.90	49.05	49.20	49.35	49.50	49.65
Short Circuit Current (I _{sc} /A)	13.57	13.65	13.71	13.78	13.85	13.92
Voltage at Maximum Power (V _{mp} /V)	41.05	41.20	41.35	41.50	41.65	41.80
Current at Maximum Power (I _{mp} /A)	12.67	12.75	12.82	12.90	12.97	13.04
Module Efficiency(%)	20.3	20.5	20.7	20.9	21.1	21.3

Operating Parameters

Operational Temperature	-40°C ~ +85°C
Power Output Tolerance	0 ~ +5 W
V _{oc} and I _{sc} Tolerance	±3%
Maximum System Voltage	DC1500V (IEC/UL)
Maximum Series Fuse Rating	30A
Nominal Operating Cell Temperature	45±2°C
Protection Class	Class II
Fire Rating	UL type 29
Bifaciality	70±5%

Mechanical Loading

Front Side Maximum Static Loading	5400Pa
Rear Side Maximum Static Loading	2400Pa
Hailstone Test	25mm Hailstone at the speed of 23m/s

Temperature Ratings (STC)

Temperature Coefficient of I _{sc}	+0.050%/°C
Temperature Coefficient of V _{oc}	-0.284%/°C
Temperature Coefficient of P _{max}	-0.350%/°C

L'efficienza di un modulo fotovoltaico, e più in generale le sue prestazioni complessive, subiscono un degrado costante e lineare nel tempo a causa di fenomeni di degradazione sia meccanica che elettrica, su scala sia macroscopica che microscopica (degradazione delle giunzioni, deriva elettronica, degradazione della struttura cristallina del silicio, etc.). Di fatto, la vita utile di un modulo fotovoltaico si attesta tra i 25 e i 30 anni, oltre i quali si impone una sostituzione del modulo per via della bassa efficienza raggiunta, dopodiché sarà necessaria una sostituzione dell'intero generatore per ripristinarne le prestazioni.

7.2. SOLAR INVERTER

L'inverter (convertitore statico) è il cuore di un sistema fotovoltaico ed è l'apparato al quale è demandata la funzione di conversione della corrente continua prodotta dal generatore fotovoltaico in corrente alternata.



L'inverter di stringa scelto sarà ubicato sotto la fila di tracker e fissato ad un supporto dedicato. L'inverter ha grado di protezione tale da poter essere installato all'aperto, utilizzando un sistema di raffreddamento ad aria "smart air cooling" in modo da mantenere la temperatura interna nel range che evita un derating della potenza della macchina ed un veloce invecchiamento dei componenti elettronici. Le unità previste sono tutte uguali ed hanno una potenza nominale alle condizioni di test standard di 225 kVA ($\text{Cos } \varphi = 1$) e con 12 MPPT per ciascuna unità. In tabella 5 si riporta il numero e la taglia degli inverter utilizzati per l'impianto in oggetto.

DENOMINAZIONE IMPIANTO	EX CIVETTE
N. INVERTER PREVISTI	96 da 225 kW 15 da 320 kW
DIMENSIONI (mm)	1051x660x363 per INV. da 225kW 1136x870x361per INV. da 320 kW

Tabella 5

L'MPPT, ovvero Maximum Power Point Tracker, rappresenta un sistema elettronico in grado di far lavorare l'inverter al pieno delle sue possibilità in funzione delle condizioni al contorno presenti (irraggiamento, temperatura, etc.); in particolare sposta il punto di lavoro della macchina sulla curva tensione/corrente in modo da avere sempre le migliori prestazioni possibili.

Come anticipato ogni unità di conversione statica sarà posizionata direttamente in campo e sarà collocata a ridosso delle strutture di sostegno, fissati sui montanti piantati nel terreno. Ad oggi gli inverter previsti per il progetto sono di marca SUNGROW SG250HX e SUNGROW SG350HX; essi sono in grado di supportare gli impianti di nuova generazione operanti a tensioni limiti in corrente continua pari a 1.500 V e in corrente alternata ad 800 V in modo da convertire le sezioni di cavo in BT.

Di seguito si riportano le principali caratteristiche tecniche degli inverter previsti nel progetto.

Designazione	SG250HX - V113
Ingresso (CC)	
Tensione fotovoltaica in ingresso max.	1500 V
Tensione fotovoltaica in ingresso min. / Tensione di avvio	500 V / 500 V
Tensione nominale in ingresso	1160 V
Intervallo tensione MPP	500 V – 1500 V
Intervallo di tensione MPP per potenza nominale	860 V – 1300 V
N. di MPPT	12
Numero max. stringhe fotovoltaiche per MPPT	2
Corrente max. in ingresso	30 A * 12
Corrente di cortocircuito max.	50 A * 12
Uscita (CA)	
Potenza CA massima in uscita alla rete	250 kVA @ 30 °C / 225 kVA @40 °C/200 kVA @50°C
Potenza CA nominale in uscita	225kW
Corrente CA max. in uscita	180,5 A
Tensione CA nominale	3 / PE, 800 V
Intervallo tensione CA	680 – 880V
Frequenza di rete nominale / Intervallo frequenza di rete	50 Hz / 45 – 55 Hz, 60 Hz / 55 – 65 Hz
Distorsione armonica totale (THD)	< 3 % (alla potenza nominale)
Iniezione di corrente CC	< 0.5 % In
Fattore di potenza alla potenza nominale / regolabile	> 0.99 / 0.8 in anticipo – 0.8 in ritardo
Fasi di immissione / fasi di connessione	3 / 3
Efficienza	
Efficienza max.	99.0 %
Efficienza europea	98.8 %
Protezione	
Protezione da collegamento inverso CC	Si
Protezione corto circuito CA	Si
Protezione da dispersione di corrente	Si
Monitoraggio della rete	Si
Monitoraggio dispersione verso terra	Si
Sezionatore CC	Si
Sezionatore CA	No
Monitoraggio corrente stringa fotovoltaica	Si
Funzione erogazione reattiva notturna	Si
Protezione anti-PID e PID-recovery	Si
Protezione sovratensione	CC Tipo II / CA Tipo II
Dati Generali	
Dimensioni (L x A x P)	1051 * 660 * 363 mm
Peso	99kg
Metodo di isolamento	Senza trasformatore
Grado di protezione	IP66
Consumo energetico notturno	< 2 W
Intervallo di temperature ambiente di funzionamento	da -30 a 60 °C
Intervallo umidità relativa consentita (senza condensa)	0 – 100 %
Metodo di raffreddamento	Raffreddamento ad aria forzata intelligente
Altitudine massima di funzionamento	5000 m (> 4000 m derating)
Display	LED, Bluetooth+App
Comunicazione	RS485 / PLC
Tipo di collegamento CC	MC4-Evo2 (Max. 6 mm ² , opzionale 10 mm ²)
Tipo di collegamento CA	Terminali OT (Max. 300 mm ²)
Conformità	IEC 62109, IEC 61727, IEC 62116, IEC 60068, IEC 61683, VDE-AR-N, 4110:2018, VDE-AR-N 4120:2018, EN 50549-1/2, UNE 206007-1:2013, P.O.12.3, UTE C15-712-1:2013, CEI 0-16
Supporto rete	Funzione erogazione potenza reattiva notturna, LVRT, HVRT, controllo potenza attiva e reattiva oltre a controllo velocità rampa di potenza

Designazione	SG350HX
Ingresso (CC)	
Tensione fotovoltaica in ingresso max.	1500 V
Tensione fotovoltaica in ingresso min. / Tensione di avvio	500 V / 550 V
Tensione nominale in ingresso	1080 V
Intervallo tensione MPP	500 V – 1500 V
Intervallo di tensione MPP per potenza nominale	860 V – 1300 V
N. di MPPT	12 (Opzionale:14/16)
Numero max. stringhe fotovoltaiche per MPPT	2
Corrente max. in ingresso	12 * 40 A (Opzionale: 14 * 30 A / 16 * 30 A)
Corrente di cortocircuito max.	60 A
Uscita (CA)	
Potenza CA massima in uscita alla rete	352 kVA @ 30 °C / 320 kVA @ 40 °C / 295 kVA @ 50 °C
Potenza CA nominale in uscita	320 kW
Corrente CA max. in uscita	254 A
Tensione CA nominale	3 / PE, 800 V
Intervallo tensione CA	640 – 920 V
Frequenza di rete nominale / Intervallo f frequenza di rete	50 Hz / 45 – 55 Hz, 60 Hz / 55 – 65 Hz
Distorsione armonica totale (THD)	< 3 % (alla potenza nominale)
Iniezione di corrente CC	< 0,5 % In
Fattore di potenza alla potenza nominale / regolabile	> 0,99 / 0,8 in anticipo – 0,8 in ritardo
Fasi di immissione / fasi di connessione	3 / 3
Efficienza	
Efficienza max. / Efficienza europea / Efficienza CEC	99,01 % / 98,8 % / 98,5 %
Protezione	
Protezione da collegamento inverso CC	Si
Protezione corto circuito CA	Si
Protezione da dispersione di corrente	Si
Monitoraggio della rete	Si
Monitoraggio dispersione verso terra	Si
Sezionatore CC / Sezionatore CA	Si / No
Monitoraggio corrente stringa fotovoltaica	Si
Funzione erogazione reattiva notturna (Q at night)	Si
Protezione anti-PID e PID-recovery	Opzionale
Protezione sovratensione	CC Tipo II / CA Tipo II
Dati Generali	
Dimensioni (L x A x P)	1136*870*361 mm
Peso	≤ 116 kg
Metodo di isolamento	Senza trasformatore
Grado di protezione	IP66 (NEMA 4X)
Consumo energetico notturno	< 6 W
Intervallo di temperature ambiente di funzionamento	-30 to 60 °C
Intervallo umidità relativa consentita (senza condensa)	0 – 100 %
Metodo di raffreddamento	Raffreddamento ad aria forzata intelligente
Altitudine massima di funzionamento	4000 m (> 3000 m derating)
Display	LED, Bluetooth+APP
Comunicazione	RS485 / PLC
Tipo di collegamento CC	MC4-Evo2 (Max. 6 mm ² , opzionale 10 mm ²)
Tipo di collegamento CA	Supporto terminali OT / DT (Max. 400 mm ²)
Conformità	IEC 62109, IEC 61727, IEC 62116, IEC 60068, IEC 61683, VDE-AR-N 4110:2018, VDE-AR-N 4120:2018, EN 50549-1/2, UNE 206007-1:2013, P.O.12.3, UTE C15-712-1:2013, UL1741, UL1741SA, IEEE1547, IEEE1547.1, CSA C22.2 107-01-2001, California Rule 21, UL1699B, CEI 0-16
Supporto rete	Funzione erogazione potenza reattiva notturna (Q at night), LVRT, HVRT, controllo potenza attiva e reattiva, velocità rampa di potenza, Q-U e P-f

7.4. STAZIONE DI TRASFORMAZIONE

Come anticipato, all'interno del campo fotovoltaico saranno installate:

- n. 5 cabine di dimensioni 6840 L x 3500 H mm, ospitanti tutti gli apparati di gestione dell'energia proveniente del generatore fotovoltaico e un trasformatore MT/bt 20/0.8 kV da 2500-1600 kVA;
- n. 4 di dimensioni 12500 L x 3500 H mm, ospitanti tutti gli apparati di gestione dell'energia e due trasformatori MT/bt 20/0.8 kV da 2500 kVA.
- Quadro di bassa tensione, che prevede la presenza della protezione di bassa tensione in particolare delle linee provenienti dal sottocampo di riferimento, ovvero degli inverter.



8. IMPIANTI AUSILIARI E OPERE CIVILI

L'impianto fotovoltaico in progetto si completa con alcune opere "accessorie" ma fondamentali per il corretto esercizio e manutenzione dello stesso.

8.1. IMPIANTO DI TERRA ED EQUIPOTENZIALE

Si provvederà alla posa diretta interrata di una corda di rame nudo della sezione minima pari a 95 mmq che andrà a collegare tutte le masse e masse estranee presenti in campo. Vista la vastità del campo, si provvederà altresì a realizzare tramite il medesimo collegamento un sistema equipotenziale in grado di evitare l'introduzione nel sistema di potenziali pericolosi sia per gli apparati che per il personale.

Al sistema di messa a terra saranno anche collegati tutti gli apparati esistenti come quelli del sistema di supervisione (SCADA), dell'illuminazione perimetrale etc., mentre non saranno ad esso collegati i componenti di classe II e le masse estranee aventi valori di resistenza verso terra maggiori dei limiti imposti da normativa tecnica.

8.2. IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE PERIMETRALE

L'impianto fotovoltaico sarà corredato di un sistema di illuminazione realizzato con corpi illuminanti a led installati su pali di altezza fuori terra pari a 3 metri, sia lungo il perimetro sia nel corridoio centrale dell'area, dove saranno posizionate le cabine e gli inverter. L'accensione sarà comandata, tramite contattore, dal sistema antintrusione, in particolare la centrale invierà un segnale attraverso il quale si accenderanno le luci perimetrali. L'accensione sarà inibita durante il giorno mediante l'installazione di un dispositivo crepuscolare e sarà settorializzata in funzione della tipologia di allarme registrato dalla centrale antintrusione. I pali di illuminazione saranno installati ad una distanza tale da garantire un adeguato livello di illuminamento del campo, indicativamente la distanza tra un palo e l'altro può essere stimata in circa 40 metri, non è richiesta particolare uniformità nell'illuminazione delle zone di interesse. Su ciascun palo di illuminazione si provvederà all'installazione di un corpo illuminante a LED di potenza 50W che sviluppa un flusso luminoso pari a 5500 lm con grado di protezione IP65 adeguato alla posa all'aperto.

8.3. IMPIANTO DI VIDEOSORVEGLIANZA

Il sistema di sicurezza sarà realizzato sia perimetralmente al campo dove saranno posizionate in modo strategico le telecamere al fine di garantire una corretta copertura di tutto il perimetro, sia nel corridoio centrale al fine di soddisfare anche la copertura delle cabine e inverter. Gli apparati di registrazione e gestione come NVR e switch saranno collocati all'interno della cabina di trasformazione e tutti gli elementi in campo saranno collegati mediante fibra ottica multimodale.

Oltre al perimetro si prevede di installare anche telecamere tipo bullet in corrispondenza delle stazioni di trasformazioni e dell'accesso al campo. Tutte le telecamere saranno dotate di sensore di movimento in modo che si eviti un elevato flusso di segnale da gestire dalla centrale.

8.4. RECINZIONE PERIMETRALE

Opera propedeutica alla costruzione di ciascun impianto è la realizzazione di una recinzione perimetrale a protezione del generatore fotovoltaico e degli apparati dell'impianto. Tale recinzione non presenterà cordoli di fondazione posti alla base, ma si procederà con la sola infissione di pali nel terreno. Le opere di recinzione e mitigazione a verde saranno particolarmente curate. La recinzione verrà arretrata rispetto al confine del lotto, e in questa striscia verrà realizzata una fascia di schermatura, differente a seconda dei tratti, così come riportato nelle tavole allegate (opere di mitigazione). In questo modo si potrà perseguire l'obiettivo di costituire una barriera visiva per un miglior inserimento paesaggistico dell'impianto. La rete sarà a maglia sciolta plastificata di colore verde alta 1,80 metri, collegata a pilastri infissi direttamente nel suolo per una profondità di 100 cm ad interasse di 2 m uno dall'altro. Come sostegni alla recinzione verranno utilizzati pali in ferro zincato internamente ed eternamente e con rivestimento in poliestere e speciale cappuccio in PVC. I pali, alti 2 m, presenteranno giunti di fissaggio laterale della rete sul palo e giunti in metallo per il fissaggio di angoli retti e ottusi.

Il tipo di recinzione sopra descritto è rappresentato, a titolo indicativo, nella foto seguente:



Esempio di recinzione perimetrale