



REGIONE SICILIANA
Libero Consorzio dei Comuni di Siracusa
COMUNE DI LENTINI
Città Metropolitana di Catania
COMUNE DI PALAGONIA



**PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO DENOMINATO "LENTINI1 "
DELLA POTENZA NOMINALE DI 60.016 kW E POTENZA DI IMMISSIONE 52.300 kW E DELLE
RELATIVE OPERE CONNESSE NEI COMUNI DI LENTINI (SR) E PALAGONIA (CT)**

COMMITTENTE



Iberdrola Renovables Italia S.p.A.
Sede Legale Piazzale dell'Industria n. 40
ROMA (RM) CAP 00144
CF/P.IVA 06977481008

SVILUPPATORE



Fabroen s.r.l
Sede legale Via Brunetto Latini n. 11
Palermo (PA) CAP 90141
CF/P.IVA 05052720827
Legale rappresentante
Avv. Fabrizio Romeo



RELAZIONE TECNICA IMPIANTO FOTOVOLTAICO

Data	Formato	Scala	Cod Elaborato	Cod TERNA	Livello Progettazione	REV	Visto
10/05/2024			RS06REL0003A0	202203039	definitivo		

STRUTTURA DI PROGETTAZIONE	REDAZIONE	Dr. Geol. Francesco La Mendola 	REDAZIONE	Dr. Natur. Mirko Amato
	REDAZIONE	Ing. Elett. Giuseppe Lo Presti 	REDAZIONE	Dr. Agr. Paolo Di Bella
COMMITTENTE		Iberdrola Renovables S.p.A 	REDAZIONE	Dr. Arch. Calogero Morreale

FABROEN SRL	RELAZIONE TECNICA IMPIANTO FOTOVOLTAICO	ID TERNA 202203039
RSO6REL0003A0	PROGETTO IMPIANTO AGRIVOLTAICO LENTINI 1	Pn 60.016 KW

Pagina bianca destinata alla copertina

RSO6REL0003A0

RELAZIONE TECNICA IMPIANTO FOTOVOLTAICO

FABROEN SRL	RELAZIONE TECNICA IMPIANTO FOTOVOLTAICO	ID TERNA 202203039
RSO6REL0003A0	PROGETTO IMPIANTO AGRIVOLTAICO LENTINI 1	Pn 60.016 KW

Sommario

1. Generalità	3
2. Premessa	3
3. Localizzazione	4
4. Definizioni:	5
4.1 <i>Funzionamento della cella fotovoltaica</i>	6
4.2 <i>Moduli</i>	7
4.3 <i>La stringa</i>	9
4.4 <i>Il pannello</i>	9
4.1 <i>StringBox</i>	9
4.2 <i>Inverter</i>	10
4.3 <i>UP (Unità di Potenza)</i>	10
4.4 <i>Le strutture</i>	10
4.5 <i>Campo fotovoltaico</i>	11
4.6 <i>Cabine di conversione e trasformazione (" Unità di Potenza")</i>	12
5. Schema di Rete	13
5.1 <i>Criterio di verifica elettrica</i>	14
5.2 <i>Rete Elettrica</i>	15
5.3 <i>Flow chart Rete Elettrica</i>	16
5.4 <i>Stazione AT</i>	16
6. APPENDICE	18
6.1 <i>Verifica Elettrica</i>	18
6.1 <i>Data sheet dell' Unità di Potenza/Inverter- 3437 kVA</i>	20
6.2 <i>Strutture dei Pannelli</i>	21
6.1 <i>Caratteristiche Tecniche dello StringBox</i>	23

FABROEN SRL	RELAZIONE TECNICA IMPIANTO FOTOVOLTAICO	ID TERNA 202203039
RSO6REL0003A0	PROGETTO IMPIANTO AGRIVOLTAICO LENTINI 1	Pn 60.016 KW

1. Generalità

La presente relazione descrive in termini generali le metodologie e le tecnologie utilizzate per la progettazione di un sistema fotovoltaico connesso in rete "Grid-connected". Tale impianto è in grado di captare e trasformare l'energia solare in energia elettrica, consentendo di alimentare ininterrottamente un carico senza adoperare un sistema di accumulo, dal momento che l'energia in più prodotta viene ceduta alla rete pubblica. La peculiarità di tale sistema è, infatti, quella di convogliare tutto il flusso energetico in direzione della rete, dalla quale, viene prelevata e consumata soltanto quella parte utilizzabile per autoconsumo.

Oggi, la produzione di energia elettrica è per la quasi totalità proveniente da impianti termoelettrici che utilizzano combustibili sostanzialmente di origine fossile.

I sistemi fotovoltaici presentano oggi enormi potenzialità estetiche e tecnologiche, inoltre fra i numerosi aspetti derivanti dall'impiego di sistemi fotovoltaici si possono riassumere i seguenti punti:

- riduzione dell'inquinamento atmosferico: ogni kW di fotovoltaico installato fa risparmiare, nell'arco della sua vita, pari a circa 30 anni, quasi 10 tonnellate di combustibili fossili (0.75 kg circa di CO₂ per ogni kWh prodotto da fonte fotovoltaica);
- i moduli fotovoltaici soddisfano i requisiti di un buon materiale offrendo resistenza, impermeabilità e, assenza dei livelli acustici,
- elevata durata di vita in quanto le prestazioni degradano di poco dopo 20 anni di attività;
- ridotte esigenze di manutenzione (pulizia accessibilità esterna ai moduli);
- prevedibile sviluppo tecnologico e produttivo (aumento del rendimento di conversione e riduzione dei costi);
- Nessun inquinamento acustico.

In termini più generali, l'iniziativa si inquadra nel piano di realizzazione di impianti per la produzione d'energia fotovoltaica con la finalità di contribuire, per quanto nelle proprie possibilità, al soddisfacimento delle esigenze di energia pulita e sviluppo sostenibile sancite – primo dei quali - dal Protocollo di Kyoto del 1997 con i conseguenti obblighi di riduzione dei gas ad effetto serra che i Paesi firmatari si sono impegnati a perseguire.

2. Premessa

Il progetto prevede la realizzazione di un impianto agrivoltaico del tipo a inseguitore solare mono assiale per la produzione di energia elettrica, sito nei comuni di Lentini (SR) e Palagonia (CT)

FABROEN SRL	RELAZIONE TECNICA IMPIANTO FOTOVOLTAICO	ID TERNA 202203039
RSO6REL0003A0	PROGETTO IMPIANTO AGRIVOLTAICO LENTINI 1	Pn 60.016 KW

L'impianto di produzione avrà la potenza nominale 60.016 kW pari alla somma delle potenze elettrica di picco nominali dei singoli moduli fotovoltaici installati, di cui 52.300 kW saranno immessi direttamente in rete (RTN) per la pubblica utilità.

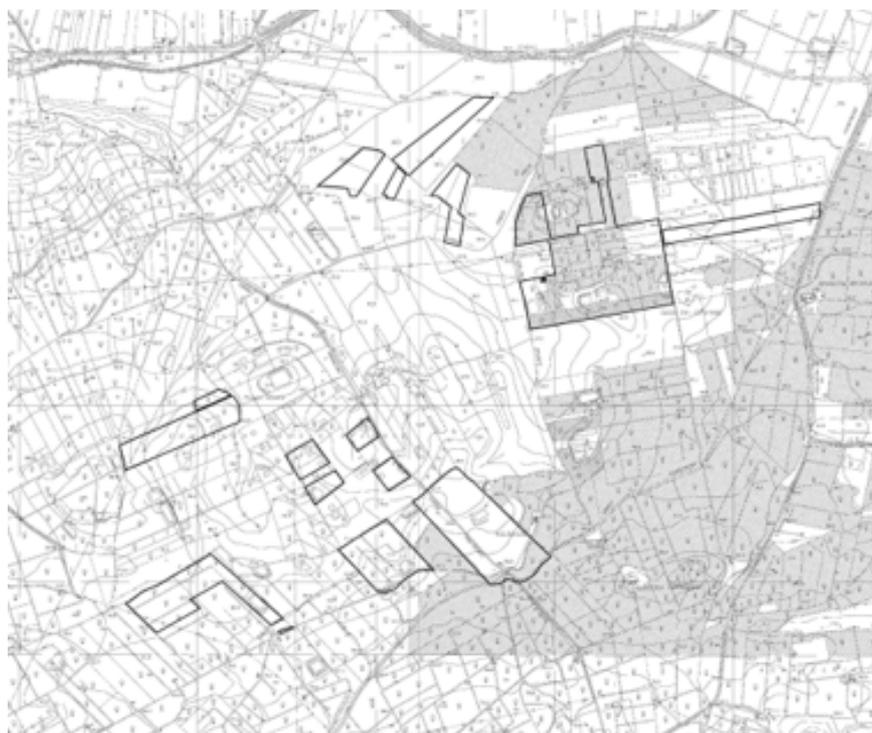
La realizzazione dell'opera è inserita in un programma di pianificazione per l'utilizzazione accorta e razionale delle risorse naturali, solari e agricole, rispettando gli indicatori sociali, ambientali e territoriali, in particolare la tutela e miglioramento della qualità dell'ambiente, della protezione della salute umana.

Il sito, ove è prevista la realizzazione dell'impianto agrivoltaico, è relativo ad un'area attualmente utilizzata ai fini agricoli avente estensione di circa 128 *ha*.

3. Localizzazione

Il sito individuato per la progettazione degli impianti ricade nel territorio dei comuni di Lentini e Palagonia in località Fiumefreddo per una estensione totale lorda di 128 *ha*. L'area di studio si trova ad un'altitudine medi di 65 mt s.l.m. -presenta una pendenza variegata, che ha consentito utilizzare i moduli nella direzione EST Ovest, al fine di ottenere una esposizione ottimale per lo sfruttamento dell'irraggiamento solare.

L'impianto è distribuito su più zone di forma irregolare, le cui coordinate – prese nel baricentro delle zone - sono quelle indicate nelle seguenti immagini



FABROEN SRL	RELAZIONE TECNICA IMPIANTO FOTOVOLTAICO	ID TERNA 202203039
RSO6REL0003A0	PROGETTO IMPIANTO AGRIVOLTAICO LENTINI 1	Pn 60.016 KW

WGS84 - Lat. 37,372365°N Long. 14,839747°E
GaussBoaga X=2505755 Y=4136000

4. Definizioni:

Sistema fotovoltaico è composto da un insieme di componenti elettrici, elettronici e meccanici in grado di captare e trasformare l'energia solare in energia elettrica. La configurazione elettrica, si inquadra in un sistema fotovoltaico classificato come impianto connesso in rete (grid –connected).

Grid connected: tipologia di impianto che prevede l'allacciamento alla rete elettrica nazionale.

Potenza nominale : (o massima, o di picco, o di targa) dell'impianto fotovoltaico è la potenza determinata dalla somma delle singole potenze nominali (o massime, o di picco o di targa) di ciascun modulo fotovoltaico facente parte del medesimo impianto;

Punto di connessione: è il punto della rete elettrica, di competenza del gestore di rete, (TERNA) nel quale l'impianto fotovoltaico viene collegato alla rete elettrica.

Sistema di conversione dell'energia: complesso delle apparecchiature destinate alla trasformazione dell'energia fornita dalla fonte utile in energia elettrica consegnata alla rete. Si distinguono in:

- sistemi di conversione idonei a sostenere la tensione e la frequenza entro il campo nominale in assenza di alimentazione della rete pubblica stessa (generatori sincroni, asincroni autoeccitati, convertitori statici a commutazione forzata);
- sistemi di conversione non idonei a sostenere la tensione e la frequenza entro il campo nominale (generatori asincroni non autoeccitati e convertitori statici a commutazione naturale).

Campo (o generatore) fotovoltaico: l'insieme dei moduli fotovoltaici, opportunamente collegati in serie/parallelo;

Convertitori c.c./c.a.: apparecchiature statiche o macchine rotanti usualmente impiegate per convertire e trasferire l'energia in c.c. sulla rete in c.a. Le apparecchiature statiche possono essere convertitori a commutazione forzata idonee al funzionamento in isola anche su rete passiva, oppure convertitori a commutazione naturale. Se reversibili, i convertitori c.c./c.a. consentono il trasferimento di potenza dalla corrente continua alla corrente alternata e viceversa. Comprendono all'interno il dispositivo di inseguimento del punto di massima potenza (MPPT) che permette di ottenere dal campo ad esso collegato la quantità massima di energia utilizzabile, letteralmente adattandosi e inseguendo il punto di massima potenza.

Dispositivo della rete pubblica: dispositivo installato all'origine della linea della rete pubblica.

Dispositivo di sezionamento: dispositivo installato a monte del punto di consegna dell'impianto del cliente produttore.

FABROEN SRL	RELAZIONE TECNICA IMPIANTO FOTOVOLTAICO	ID TERNA 202203039
RSO6REL0003A0	PROGETTO IMPIANTO AGRIVOLTAICO LENTINI 1	Pn 60.016 KW

Dispositivo generale è installato all'origine della rete del produttore e cioè immediatamente a valle del punto di consegna dell'energia elettrica a TERNA. Il dispositivo, in condizioni di "aperto", esclude l'intera rete del cliente produttore dalla rete pubblica.

Dispositivi di interfaccia: sono installati nel punto di collegamento della rete in isola alla restante parte della rete del cliente produttore sul quale agiscono le protezioni d'interfaccia. L'apertura del dispositivo d'interfaccia assicura la separazione di tutti i gruppi di produzione dalla rete pubblica quando necessario.

Dispositivi dei generatori sono installati a valle dei terminali di ciascun sottocampo dotato del proprio sistema di conversione. Il dispositivo del generatore è tale da escludere il sotto campo fotovoltaico in condizioni di "aperto".

Efficienza nominale di un campo fotovoltaico: è il rapporto fra la potenza specifica generata dal campo stesso e la potenza specifica della radiazione solare su esso incidente, in condizioni standard; può essere numericamente ottenuta da una formula pratica, cioè dal rapporto tra la potenza nominale del campo stesso (espressa in kW) e la relativa superficie (espressa in m²) e intesa come somma della superficie dei moduli. **Efficienza operativa media di un campo fotovoltaico:** è il rapporto tra l'energia elettrica prodotta dal campo fotovoltaico e l'energia solare incidente sul campo stesso, in un determinato intervallo di tempo.

Cella fotovoltaica è il dispositivo elementare alla base di ogni sistema fotovoltaico, ed è qui che avviene la conversione della radiazione solare in energia elettrica.

Modulo fotovoltaico dispositivo costituito da celle fotovoltaiche, in grado di convertire l'energia solare in energia elettrica.

Pannello fotovoltaico dispositivo optoelettronico, composto da moduli fotovoltaici.

4.1 Funzionamento della cella fotovoltaica

L'elemento che sta alla base della tecnologia fotovoltaica è la cella, costituita da un materiale semiconduttore al silicio.

La cella fotovoltaica è il dispositivo elementare alla base di ogni sistema fotovoltaico, ed è qui che avviene la conversione della radiazione solare in energia elettrica. La cella è costituita da un sottile strato di materiale semiconduttore compreso tra 0,2 e 0,35 mm, generalmente silicio opportunamente drogata.

Il parametro più significativo della cella è il suo rendimento η che rappresenta il rapporto tra la massima potenza P_{max} [Wp] che si ottiene dalla cella e la potenza totale della radiazione incidente sulla superficie frontale; il livello del rendimento diminuisce all'aumentare della temperatura delle celle poiché la temperatura ostacola il passaggio degli elettroni nel semiconduttore.

FABROEN SRL	RELAZIONE TECNICA IMPIANTO FOTOVOLTAICO	ID TERNA 202203039
RSO6REL0003A0	PROGETTO IMPIANTO AGRIVOLTAICO LENTINI 1	Pn 60.016 KW

Le celle solari da sola produce energia elementare (circa 5 watt) per cui, per raggiungere un valore di potenza elettrica significativa, le celle vengono collegate in serie – formando la consistenza del modulo - fino a raggiungere la potenza nominale:

Il modulo che verrà utilizzato possiede 132 celle per raggiungere la potenza di 670 watt alla tensione di 38,5 volt alle condizioni standard di irraggiamento di 1000 watt/m² alla temperatura di 25 °C, (secondo la norma CEI EN 60904-3 (**S**tandard **T**est **C**ondition), in tali condizioni.

4.2 Moduli

Elemento base degli impianti è il modulo costituito da celle fotovoltaiche collegate elettricamente e incapsulate al fine di garantire protezione dagli agenti atmosferici, isolamento elettrico, supporto strutturale delle celle, protezione meccanica.

Fra le caratteristiche dell'incapsulante si evidenzia l'importanza della stabilità ai raggi ultravioletti, la tolleranza alle temperature, la capacità di smaltire il calore.

Il modulo previsto è al silicio cristallino (m-Si, p-Si) le cui caratteristiche sono riportate nel data-sheet appendice; essi assicurano alti valori di efficienza e una vita utile affidabile all'incirca 30 con (valore non inferiore al 80 % della potenza iniziale).

Il modulo previsto è del tipo bifacciale con possibile incremento della potenza nominale fino al 10% in relazione all'ambiente circostante.

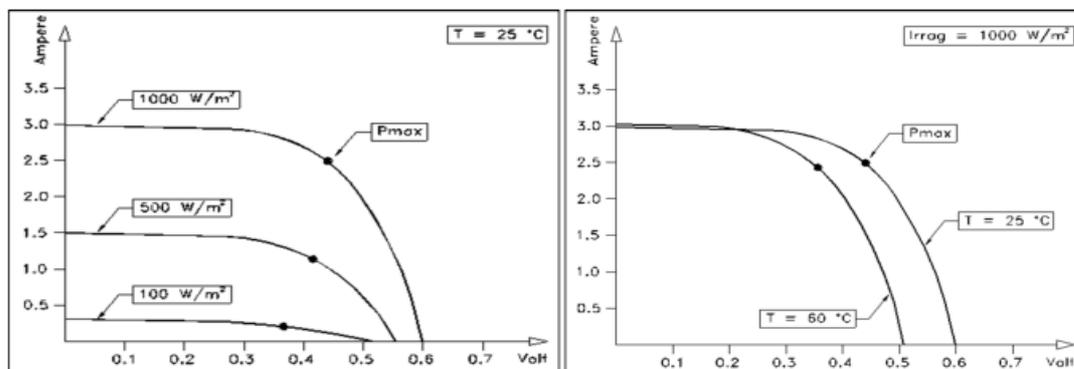
Dal punto di vista elettrico esso è in grado di sopportare una tensione di lavoro fino a 1.500 volt e sono accessoriati con cassetta di terminazione con grado di protezione IP65, con terminali elettrici di uscita con polarità opportunamente contrassegnate, e con pressacavi per il cablaggio delle stringhe. La cornice è in alluminio e fa anche da bordo al vetro di protezione.

Non tutta la radiazione solare incidente però contribuisce all'effetto fotovoltaico, solo i fotoni dotati di sufficiente energia sono quelli che contribuiscono alla inizializzazione della conversione fotovoltaica. La percentuale di energia captata e trasformata rispetto a quella totale giunta sulla superficie del modulo determina il rendimento della cella. Le celle vengono raccolte collegate in serie in una struttura modulare; appunto i **moduli** normalmente installati.

Varie sono le tecnologie utilizzate. Il progetto in esame utilizza moduli (Trina solar) con 132 celle assiemati in tecnologia "*Tiling Ribbon*" che consiste nella eliminazione dello spazio tra celle, eliminando anche lo spazio con la sbarra colletttrice. Ciò riduce le perdite di resistenza e aumenta la potenza e l'efficienza (oltre il 2%). La potenza, dei moduli che saranno installati nel progetto sono del tipo bifacciale della potenza di 670 Wp, per effetto del bifacciale possono incrementare le potenze del 10 % (717 Wp). Le prestazioni dei moduli fotovoltaici, durante il funzionamento, sono suscettibili di variazioni anche sostanziose in base: al rendimento dei materiali, all'irraggiamento a cui le sue celle sono esposte, all'angolazione con cui questa giunge rispetto alla sua superficie, alla temperatura di esercizio dei materiali, che tendono ad "affaticarsi" in ambienti caldi.

FABROEN SRL	RELAZIONE TECNICA IMPIANTO FOTOVOLTAICO	ID TERNA 202203039
RSO6REL0003A0	PROGETTO IMPIANTO AGRIVOLTAICO LENTINI 1	Pn 60.016 KW

Le prestazioni della cella dipendono da due fattori: la temperatura e l'irraggiamento; quest'ultimo rappresenta l'energia luminosa nell'unità di tempo, per ogni metro quadrato di superficie, e si rappresenta in W/m^2 .



Prima figura :Andamento tipico di una cella fotovoltaica al variare dell'intensità di illuminazione e a temperatura costante

Seconda figura: Caratteristiche I-V per differenti condizioni di irraggiamento e temperatura costante

La potenza massima erogabile in condizioni di illuminazione e temperatura specificate viene misurata in watt nominali o di picco (Wp). Si è convenuto internazionalmente di stabilire come condizioni di riferimento una temperatura della giunzione di $25^{\circ}C$ e un irraggiamento di $1000 W/m^2$.

L'efficienza di una cella fotovoltaica risulta dal rapporto tra la potenza massima da essa erogata (P_{max}) e l'irraggiamento incidente sulla sua superficie. Il modulo fotovoltaico è il componente base dei sistemi fotovoltaici ed è ottenuto dalla connessione elettrica di celle fotovoltaiche connesse in serie e assemblate fra uno strato superiore di vetro ed uno strato inferiore di materiale plastico (*Tedlar*). Gli elementi che stanno alla base del modulo fotovoltaico sono, dunque, le celle ed il vetro. La struttura robusta e maneggevole conferisce alle singole celle maggiore resistenza alle condizioni ambientali avverse.

Il processo di fabbricazione dei moduli è suddiviso sostanzialmente in tre fasi:

- Connessione elettrica;
- Incapsulamento;
- Montaggio della cornice e della scatola di giunzione.

La connessione elettrica avviene assemblando le celle aventi caratteristiche elettriche simili tra loro in modo da ridurre le perdite per disaccoppiamento. Successivamente, mediante laminazione a caldo di materiale polimerico, le celle vengono incapsulate tra una lastra di vetro ed una di plastica, garantendo così la tenuta ai raggi ultravioletti e alla temperatura. L'incapsulamento è un processo molto importante e decide la durata di vita del modulo. Il montaggio della cornice conferisce al modulo maggiore robustezza e ne consente l'ancoraggio alle strutture di sostegno.

Per meglio definire la potenza nominale del modulo, si fa uso della relazione

FABROEN SRL	RELAZIONE TECNICA IMPIANTO FOTOVOLTAICO	ID TERNA 202203039
RSO6REL0003A0	PROGETTO IMPIANTO AGRIVOLTAICO LENTINI 1	Pn 60.016 KW

$$P_{FV} = \eta_{modulo} \times A_{FV} \times I_{rrad}$$

dove

P_{FV} esprime la potenza nominale [watt di picco]

η_{modulo} esprime l'efficienza nominale del singolo modulo

A_{FV} esprime l'area occupata dall'insieme delle celle del modulo [m^2]

I_{rrad} rappresenta l'irradianza nelle condizioni standard di riferimento, pari a 1 watt/ m^2 .

la somma del valore della singola potenza costituisce la potenza nominale dell'intero impianto che si interfaccia con la rete elettrica di distribuzione.

4.3 La stringa

Per quanto detto la potenza della stringa è la somma di ogni singolo modulo collegati elettricamente in serie; la tensione in uscita dal circuito elettrico stringa è la somma delle tensioni generate da ogni singolo modulo. La corrente nel circuito stringa assume il valore della corrente generata dal singolo modulo.

Le stringhe sono costituite dalla serie di singoli moduli fotovoltaici, tutti della stessa classe di corrente al fine di minimizzare le perdite per mismatch. Il numero di moduli da collegare in serie è di 28, il cui numero è stato definito dal valore della tensione a vuoto del modulo, quindi della intera stringa, che dovrà essere compatibile con la tensione di ingresso dell'inverter.

4.4 Il pannello

Il pannello è costituito dall'insieme di più moduli, collegati in serie su una dunque, struttura rigida in acciaio zincato assemblate e collegate tra di loro. Nel progetto sono previsti 2 tipologie di pannelli rispettivamente da 7 moduli su una fila (1P) e da 28 moduli disposti su 2 file (2P) In ogni caso i moduli sono collegati nel numero di 28 per formare elettricamente una stringa.

Le stringhe di 28 moduli a gruppi di 17 o 18 verranno collegati ai quadri parallelo (String Box) a sua volta essi verranno collegati agli ingressi degli inverter.

4.1 StringBox



Lo StringBox (quadro parallelo) è l'elemento che raggruppa le stringhe, esso ha il compito di convogliare l'energia elettrica proveniente dalle stringhe fotovoltaiche e di indirizzarla verso l'inverter per la conversione in corrente alternata.

FABROEN SRL	RELAZIONE TECNICA IMPIANTO FOTOVOLTAICO	ID TERNA 202203039
RSO6REL0003A0	PROGETTO IMPIANTO AGRIVOLTAICO LENTINI 1	Pn 60.016 KW

È costituito da una cassetta in metallo ove è contenuto, tra gli altri, il sezionatore gli scaricatori i fusibili di stringa etc...

L'impianto in parola prevede la posa di 168 StringBox distribuiti nelle zone geografiche dell'impianto. Gli StringBox - distribuiti lungo il campo fotovoltaico- verranno agganciati ai pali delle strutture di supporto dei pannelli fotovoltaici. Agli ingressi si attesteranno i cavi solari provenienti dalle stringhe fotovoltaiche, innestati nella cassetta tramite connettori MC-4.

In ingresso possono confluire fino a 32 cavi; Ogni ingresso è munito di fusibile per l'intervento delle sovracorrenti.

In appendice è riportato il datasheet relativo allo StringBox della Ingeteam

4.2 Inverter

L'inverter o convertitore statico è il dispositivo elettrico in grado di convertire l'energia continua prodotta dal modulo fotovoltaico, in corrente alternata per consentire di immetterla nella rete di RTN. In esso è presente la funzione MPPT (inseguimento del punto di massima potenza), che permette il raggiungimento istante per istante, del massimo rendimento adattando i parametri in uscita dal generatore fotovoltaico alle esigenze di carico.

L'inverter, nel suo funzionamento consente di fornire valori di tensione e corrente variabili in funzione dell'irraggiamento e della temperatura, mantenendo un valore pressoché costante della tensione di parallelo di rete.

Il gruppo di conversione possiede:

- Adeguate protezioni per la sconnessione dalla rete in caso di valori fuori soglia della tensione, frequenza e sovracorrente di guasto in conformità alle prescrizioni del gestore della rete (Codice di Rete) e a quelle specifiche della rete locale.
- Reset automatico delle protezioni per predisposizione ad avviamento automatico;
- Protezioni contro le sovratensioni di origine atmosferica.

In Appendice vengono riportati i dati relativi ad ogni inverter che sarà installato

In questo progetto sono previsti 230 inverter distribuiti sulle 3 aree e sui 15 campi fotovoltaici.

4.3 UP (Unità di Potenza)

4.4 Le strutture

La carpenteria delle strutture di sostegno sarà costituita da barre in acciaio zincato a caldo intelaiate con geometria rettangolare, infisse nel terreno mono-piedritto.

FABROEN SRL	RELAZIONE TECNICA IMPIANTO FOTOVOLTAICO	ID TERNA 202203039
RSO6REL0003A0	PROGETTO IMPIANTO AGRIVOLTAICO LENTINI 1	Pn 60.016 KW

Sono previste strutture (tracker) in acciaio ad alto limite di snervamento che sorreggono i moduli del tipo a movimentazione mono assiali in configurazione 2 moduli in portrait (2P) per sistema da 1500 volt, range di tracciamento +/- 55° per stringhe da 28 moduli, movimentazione azionata con motori da 200 watt.

Le strutture 2P avranno un'altezza minima da terra di circa 3,31 con inclinazione a 0° ed un'altezza dal terreno di 1,35m considerando un'inclinazione dei pannelli di 55° rispetto al terreno. I sostegni saranno profili ad omega di dimensioni 50x300x100mm con spessore 10mm ed infissi nel terreno ad una profondità variabile in funzione delle caratteristiche litologiche del suolo

Le strutture 1P avranno un'altezza minima da terra di circa 3,18 con inclinazione a 0° ed un'altezza dal terreno di 2,20 considerando un'inclinazione dei pannelli di 55° rispetto al terreno. I sostegni saranno profili ad omega di dimensioni 50x300x100mm con spessore 10mm ed infissi nel terreno ad una profondità variabile in funzione delle caratteristiche litologiche del suolo

La geometria è indicata in Appendice.

4.5 Campo fotovoltaico

Schema di principio del campo fotovoltaico (stringhe-inverter-trasformazione e protezioni-scomparti AT)

Il campo fotovoltaico è un insieme di stringhe assiate e collegate in modo da realizzare le condizioni operative desiderate.

Nella configurazione si è tenuto conto che le caratteristiche elettriche dei moduli, e quindi dei vari sotto-campi, subiscono l'effetto della variazione dei parametri elettrici, in quanto fra i moduli interviene l'effetto del mismatch, cioè il non perfetto accoppiamento, dovuto alla disomogeneità delle caratteristiche elettriche dei moduli. Infatti in una serie di moduli la corrente può essere limitata dal modulo che eroga la corrente più bassa, mentre in un parallelo è la tensione a essere limitata dal modulo che ha la tensione di lavoro più bassa.

Tale fenomeno provoca perdite di potenza che sono in genere dell'ordine dei 5 % della potenza nominale e che possono essere limitate con una opportuna configurazione serie-parallelo del campo fotovoltaico. La configurazione serie-parallelo fa aumentare l'affidabilità del campo fotovoltaico, limitando gli effetti causati da guasti dei singoli moduli.

Un punto importante in questa progettazione è costituito dalla scelta di un valore relativamente alto della tensione nominale di esercizio, perché come è noto, una tensione bassa comporta correnti elevate che implicano una maggiore sezione dei cavi e organi di manovra più costosi, viceversa elevate tensioni necessitano di accurate e costose protezioni e maggiori perdite di energia.

FABROEN SRL	RELAZIONE TECNICA IMPIANTO FOTOVOLTAICO	ID TERNA 202203039
RSO6REL0003A0	PROGETTO IMPIANTO AGRIVOLTAICO LENTINI 1	Pn 60.016 KW

I pannelli saranno disposti con una inclinazione variabile $\pm 55^\circ$ (in direzione Est/Ovest per l'inseguimento solare)) per la quale implica valori determinati delle inter-distanze onde evitare effetto ombra e anche ottimizzare l'effetto di captazione del bifacciale.

In questo progetto il numero dei campi fotovoltaici è 19.

4.6 Cabine di conversione e trasformazione (" Unità di Potenza")

La Cabina di conversione e trasformazione prevista è del tipo preassemblata, costruita con pannelli in lamiera sandwich e fondazioni integrate in cemento armato vibrato, contenente il trasformatore di distribuzione ad alta efficienza da 3.437 kVA 0.6 kV / 36 kV.

Nel "Assemblaggio" si distinguono le seguenti zone:

La zona quadri BT: accoglie i cavi provenienti dagli inverter

La zona quadri dei S.A. con relativo trasformatore ausiliario da 5 kVA

La zona trasformatore di potenza (3.437 kVA 0/+10%) $Z_{cc} = 7\%$

La zona quadri AT con interruttori tripolari in SF6 per entrata e uscita cavi e protezione trasformatore.



Tipico esempio di container con Inverter Trasformazione AT e

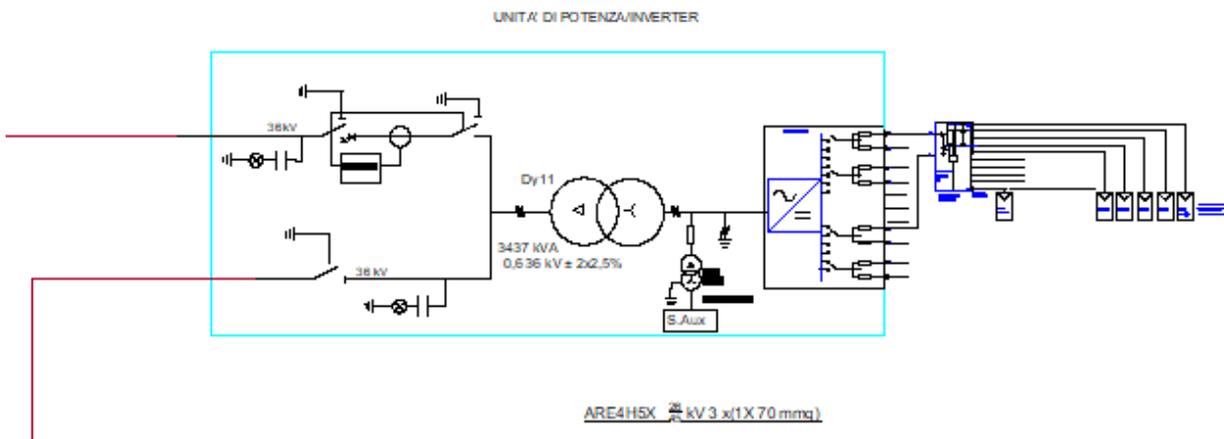
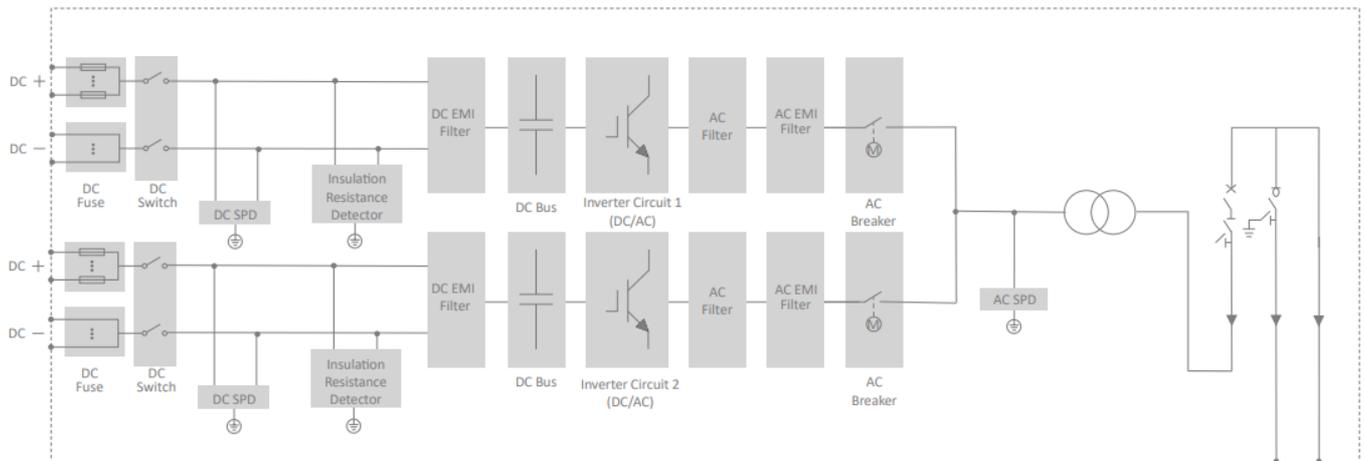
quadri BT

Nella zona BT sono presenti i quadri dei servizi ausiliari per alimentare i servizi di cabina e anche i servizi di BT del campo derivati da un trasformatore dedicato, della potenza di 5 kVA, che alimenta la rete di distribuzione BT interna al campo; in caso di necessità può essere richiesta, ad e-Distribuzione, una connessione in prelievo in BT;

è previsto anche un quadretto per la gestione dei segnali e il controllo delle varie sezioni di campo.

Essa forma un corpo unico con l'inverter le cui caratteristiche vengono riportate in Appendice.

FABROEN SRL	RELAZIONE TECNICA IMPIANTO FOTOVOLTAICO	ID TERNA 202203039
RSO6REL0003A0	PROGETTO IMPIANTO AGRIVOLTAICO LENTINI 1	Pn 60.016 KW

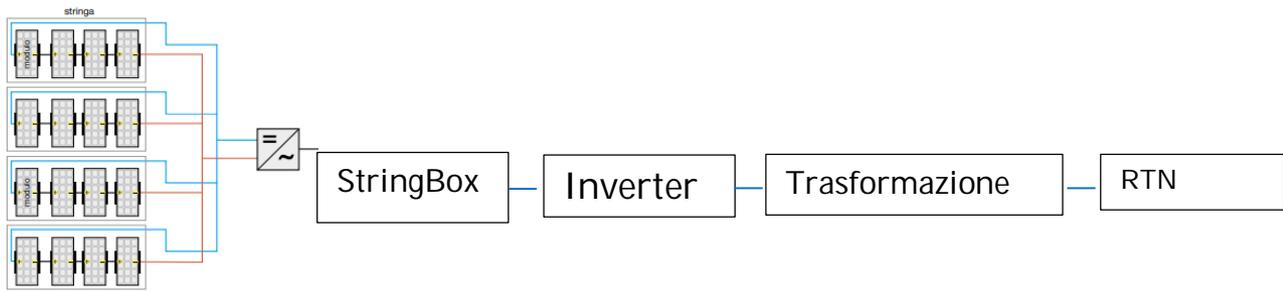


Appendice vengono riportati i dati relativi ad ogni UP (Inverter-Trsformer) che sarà installata.

5. Schema di Rete

Lo schema di rete elettrica è di seguito sintetizzato a cui si riferisce allo schema di un campo.

FABROEN SRL	RELAZIONE TECNICA IMPIANTO FOTOVOLTAICO	ID TERNA 202203039
RSO6REL0003A0	PROGETTO IMPIANTO AGRIVOLTAICO LENTINI 1	Pn 60.016 KW



Nel dettaglio il campo è costituito da una UP di 3.437 KVA; La UP contiene l'inverter di uguale potenza.

In particolare nei 19 UP/Inverter si attesteranno 168 StringBox.

In ogni StringBox si attestano le stringhe di 28 moduli nelle seguenti quantità

Il collegamento tra moduli sarà fatto con cavi da $2 \times 4 \text{ mm}^2$ in corrente continua alla tensione di 46,3 volt (condizioni di picco)

Il collegamento tra stringa e StringBox sarà fatto con cavo bipolare di sezione confacente alla distanza di connessione.

La tensione di stringa assume il valore di 1.195 volt e una corrente i 16,87 A.

La corrente di targa dello StringBox è di 320 A.

5.1 Criterio di verifica elettrica

In corrispondenza dei valori minimi e massimi della temperatura di lavoro delle celle fotovoltaiche (normalmente -10° e $+70^\circ\text{C}$) impostati in -6°C e $+70^\circ\text{C}$ i quali rappresentano i valori estremi della finestra della tensione utile di funzionamento sia alla massima potenza sia al rispetto delle tensioni nominali a cui sono sottoposti gli inverter.

In particolare, riferiti agli inverter:

- la tensione a $+70^\circ\text{C}$, ai capi della stringa di 28 moduli, è maggiore della tensione minima (MPPT): $956,725 \text{ V} > 500 \text{ V}$;
- La massima tensione [valutata alla temperatura che si porta la cella a 2°C], ai capi della stringa di 28 moduli, è minore della tensione massima (MPPT): $1300,00 \text{ V} < 1499,14 \text{ V}$;
- la massima tensione a circuito aperto [2°C] ai capi della stringa di 28 moduli, è minore della tensione di ingresso nominale dell'inverter: $1499,14 \text{ V} < 1500 \text{ V}$

FABROEN SRL	RELAZIONE TECNICA IMPIANTO FOTOVOLTAICO	ID TERNA 202203039
RSO6REL0003A0	PROGETTO IMPIANTO AGRIVOLTAICO LENTINI 1	Pn 60.016 KW

- numero totale degli inverter – in ogni caso è sufficiente a garantire la sovraeccitazione del sistema (capability).

In breve – di seguito- si rappresenta il grafico di compatibilità delle tensioni in gioco

$$V_{OC}(T) = V_{OC, STC} - N_s * \beta * (25 - T_{cella})$$

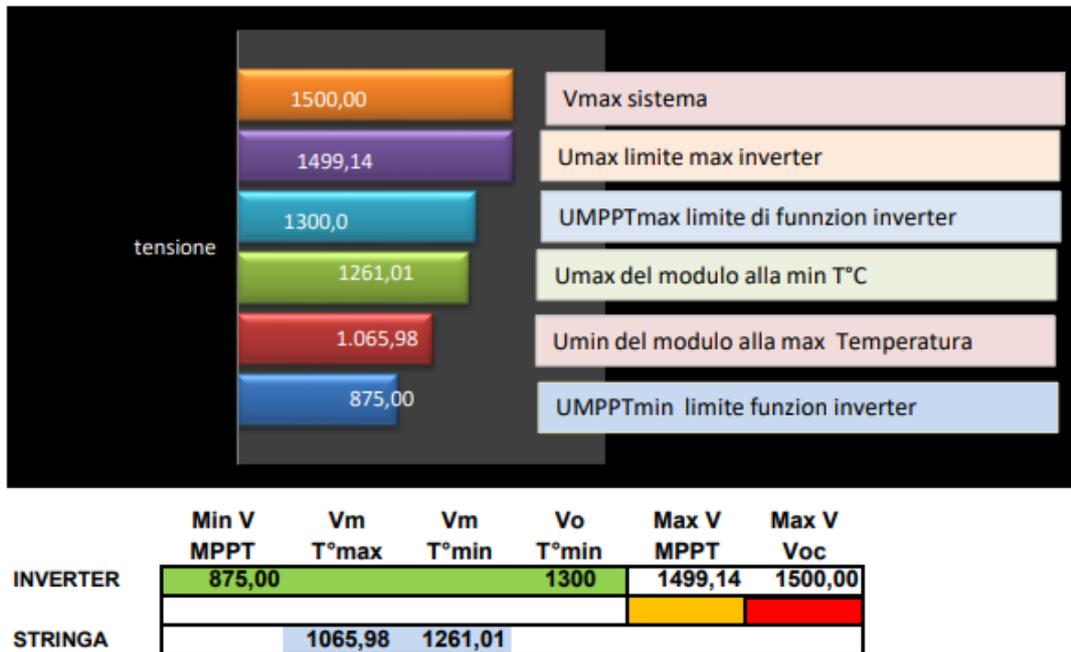


Grafico delle tensioni di stringa

5.2 Rete Elettrica

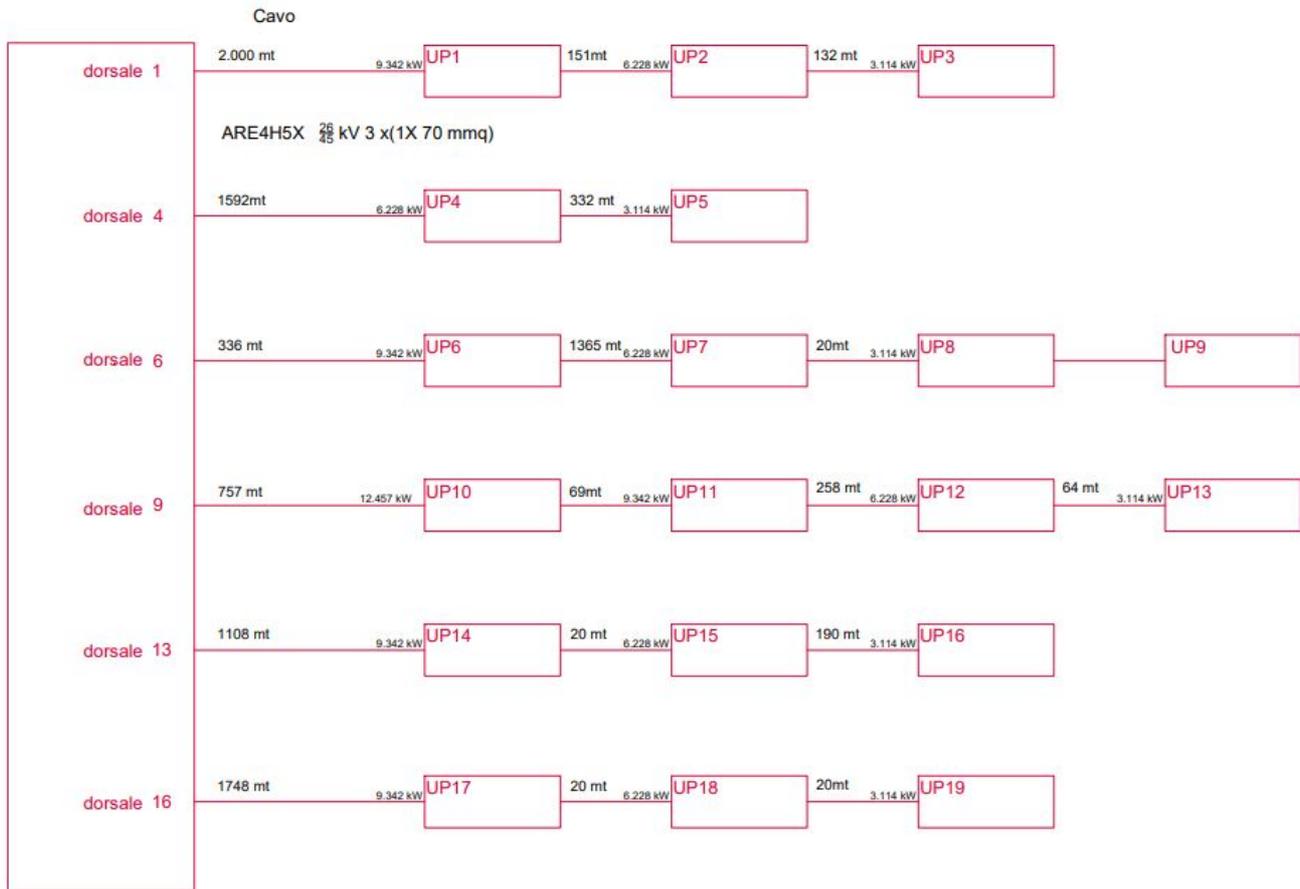
L'energia Elettrica prodotta dai moduli fotovoltaici, convogliata fino alle UP a sua volta convogliata e raccolta fino ai quadri AT (36kV) posizionati all'interno dell'edificio sito nel piazzale AT.

Dai quadri AT l'energia, tramite due terne di cavi viene immessa in rete RTN in corrispondenza dello stallo 36 kV che renderà disponibile presso una nuova stazione di trasformazione RTN ubicata a circa 4800 metri.

Le due terne di cavo interrato alla profondità di 1,6 mt si snodano lungo una stradella vicinale.

FABROEN SRL	RELAZIONE TECNICA IMPIANTO FOTOVOLTAICO	ID TERNA 202203039
RSO6REL0003A0	PROGETTO IMPIANTO AGRIVOLTAICO LENTINI 1	Pn 60.016 KW

5.3 Flow chart Rete Elettrica



Nella figura è rappresentata la rete elettrica con evidenziate le 19 UP.

Le UP sono connesse fra loro in 6 gruppi che si attestano con le 6 dorsali.

Ogni gruppo convoglierà energia tramite un cavo in alluminio [36 kV ARE4H5X 26/45 kV 3x (1x70 mmq)], fino alla stazione AT (alle sbarre del quadro AT entro l'edificio).

Dai quadri AT si dipartono le 2 terne di cavi (36 kV ARE4H5X 26/45 kV 2x3 x (1x 630 mmq)

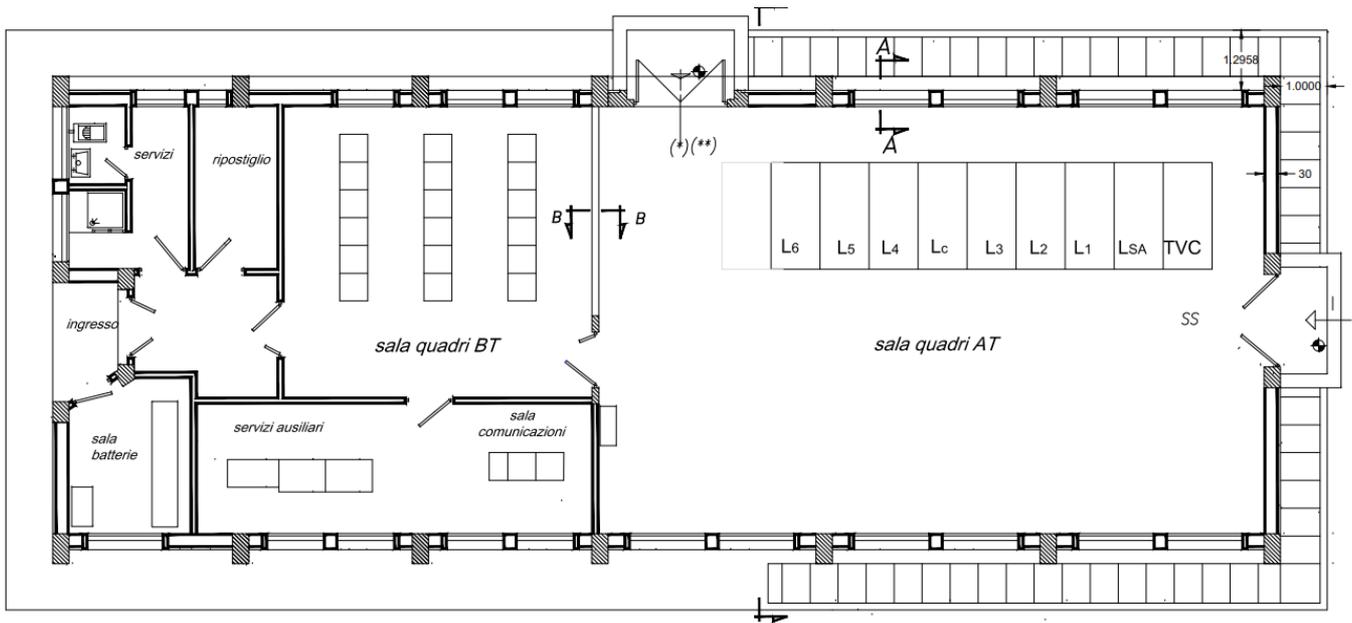
Per la connessione alla RTN.

5.4 Stazione AT

La Stazione AT sarà realizzata su un piazzale di circa 2.800 m².

In essa si posizionerà – oltre all'edificio di stoccaggio - un edificio in muratura delle dimensioni di 12x30 metri per accogliere tutte le apparecchiature elettriche dell'impianto fotovoltaico.

FABROEN SRL	RELAZIONE TECNICA IMPIANTO FOTOVOLTAICO	ID TERNA 202203039
RSO6REL0003A0	PROGETTO IMPIANTO AGRIVOLTAICO LENTINI 1	Pn 60.016 KW



Come si evince dalla figura, è prevista una sala quadri AT con 9 scomparti AT per accogliere 6 terne di cavi da 70 mm^2 provenienti dai 19 UP più uno scomparto di uscita dei 2 cavi da 630 mm^2 (le 2 terne di connessione), più altri scomparti per il TVC e l'alimentazione del trasformatore dei servizi ausiliari. Un'altra sala quadri è destinata per tutte le utilizzazioni di BT (rack per le apparecchiature di protezioni, controllo, monitoraggio dell'impianto e comunicazioni). Una saletta per le batterie di accumulatori e servizi vari.

Nel piazzale della stazione è previsto un altro edificio adibito a magazzino, una piazzola per il posizionamento del trasformatore da 160 kVA dei servizi ausiliari, un Gruppo Elettrogeno di emergenza, eventuale compensatore se richiesto da Terna in fase di definizione del regolamento di esercizio, spazi liberi per parcheggio automezzi, deposito di materiale etc..).

Palermo 10/05/2024



Ing. Giuseppe Lo Presti

FABROEN SRL	RELAZIONE TECNICA IMPIANTO FOTOVOLTAICO	ID TERNA 202203039
RSO6REL0003A0	PROGETTO IMPIANTO AGRIVOLTAICO LENTINI 1	Pn 60.016 KW

6. APPENDICE

6.1 Verifica Elettrica

COSMOTECK

LENTINI1

Verifica Compatibili

RISULTATI		
Pot. nominale [kWp]	60.016,32	60.016,32
	perdita % sistema	19,91%
Potenz in immissione [kW]		48.065,00
Moduli per stringa		28
Numero Stringhe reali		2977
Potenza di stringa [kWp]		20,160
Numero Moduli Totali		83.356
Numero Unità di potenza		19
Potenza totale disponibile dalle UP kVA		65.303
N. tot. ingressi disponibili per gli inverter nelle UP		532
numero inverter =		19
	Numero totale StringBox	168
	Numero Moduli	83.356
	numero delle dorsali	4
Distribuzione degli StringBox		
	n. 45 StringBox in Area1	
	n. 36 StringBox in Area2	
	n. 87 StringBox in Area3	
	Totale = 168 StringBox distribuiti sui 19 UP/Inverter	
COMPATIBILITA' STRINGA INVERETR		
V_{MPPmin} di stringa > $U_{MPPTmin}$ di inverter		VERO
	1065,97568 > 875	
V_{oMAX} di stringa < $U_{MAXingr}$ inverter		VERO
	1499,143744 < 1500	
V_{MPPmax} di stringa < $U_{MPPTmax}$ dell'inverter		VERO
	1261,006208 < 1300	
$Voc(T) = Voc, stc - NS \cdot \beta \cdot (25 - T_{cel})$		

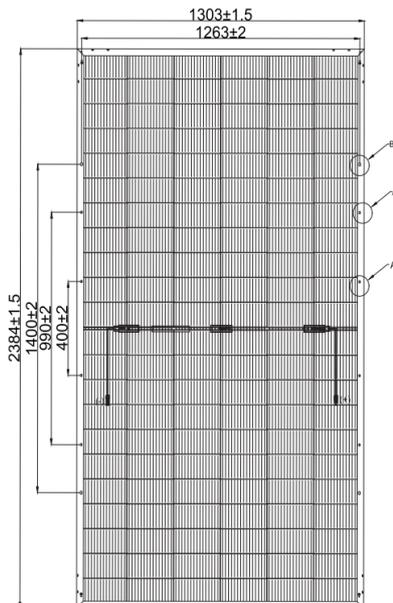
FABROEN SRL	RELAZIONE TECNICA IMPIANTO FOTOVOLTAICO	ID TERNA 202203039
RSO6REL0003A0	PROGETTO IMPIANTO AGRIVOLTAICO LENTINI 1	Pn 60.016 KW

Caratteristiche Tecniche del modulo [720W]

Electrical Characteristics (STC*)

HS-210-B132	DS700	DS705	DS710	DS715	DS720
Maximum Power (Pmax)	700W	705W	710W	715W	720W
Module Efficiency (%)	22.53%	22.70%	22.86%	23.02%	23.18%
Optimum Operating Voltage (Vmp)	42.10V	42.25V	42.39V	42.54V	42.68V
Optimum Operating Current (Imp)	16.63A	16.69A	16.75A	16.81A	16.87A
Open Circuit Voltage (Voc)	50.13V	50.29V	50.44V	50.59V	50.74V
Short Circuit Current (Isc)	17.43A	17.49A	17.55A	17.61A	17.67A
Operating Module Temperature	-40 to +85 °C				
Maximum System Voltage	DC1500V (IEC)				
Maximum Series Fuse	35A				
Power Tolerance	0~+5W				
Bifaciality	85% ± 5%				

*STC: Irradiance 1000 W/m², cell temperature 25 °C, AM=1.5. Tolerance of Pmax is within +/- 3%.



Temperature Characteristics

Nominal Operating Cell Temp. (NOCT)	44 °C ± 2 °C
Temperature Coefficient of Pmax	-0.26%/°C
Temperature Coefficient of Voc	-0.24%/°C
Temperature Coefficient of Isc	0.04%/°C

FABROEN SRL	RELAZIONE TECNICA IMPIANTO FOTOVOLTAICO	ID TERNA 202203039
RSO6REL0003A0	PROGETTO IMPIANTO AGRIVOLTAICO LENTINI 1	Pn 60.016 KW

6.1 Data sheet dell' Unità di Potenza/Inverter- 3437 kVA

Type designation	SG3125HV-MV-30	SG3400HV-MV-30
Input (DC)		
Max. PV input voltage	1500 V	
Min. PV input voltage / Startup input voltage	875 V / 915 V	
MPP voltage range	875 – 1300 V	
No. of independent MPP inputs	2	
No. of DC inputs	16 / 18 / 22 / 24 / 28 (max. 24 for floating system)	
Max. PV input current	3997 A	
Max. DC short-circuit current	10000 A	
PV array configuration	Negative grounding or floating	
Output (AC)		
AC output power	3125 kVA @ 50 °C / 3437 kVA @ 45 °C	3437 kVA @ 45 °C
Max. inverter output current	3308 A	
AC voltage range	20 kV – 35 kV	
Nominal grid frequency / Grid frequency range	50 Hz / 45 – 55 Hz, 60 Hz / 55 – 65 Hz	
Harmonic (THD)	< 3 % (at nominal power)	
Power factor at nominal power / Adjustable power factor	> 0.99 / 0.8 leading – 0.8 lagging	
Feed-in phases / AC connection	3 / 3-PE	
Efficiency		
Inverter max. efficiency	99.0%	
Inverter European efficiency	98.7%	
Transformer		
Transformer rated power	3125 kVA	3437 kVA
Transformer max. power	3437 kVA	
LV / MV volatage	0.6 kV / (20 – 35) kV	
Trnsformer vector	Dy11	
Transformer cooling type	ONAN (Oil-natural, air-natural)	
Oil type	Mineral oil (PCB free) or degradable oil on request	
Protection & Function		
DC input protection	Load break switch + fuse	
Inverter output protection	Circuit breaker	
AC MV output protection	Circuit breaker	
Surge protection	DC Type I + II / AC Type II	
Grid monitoring / Ground fault monitoring	Yes / Yes	
Insulation monitoring	Yes	
Overheat protection	Yes	
Q at night function	Optional	
General Data		
Dimensions (W*H*D)	6058 * 2896 * 2438 mm	
Weight	15 T	
Degree of protection	Inverter: IP55 (optional: IP65) / Others: IP54	
Auxiliary power supply	5 kVA (optional: max. 40 kVA)	
Operating ambient temperature range	-35 to 60 °C (> 50 °C derating)	-35 to 60 °C (> 45 °C derating)
Allowable relative humidity range	0 – 100 %	
Cooling method	Temperature controlled forced air cooling	
Max. operating altitude	1000 m (standard) / > 1000 m (optional)	
Display	Touch screen	
Communication	Standard: RS485, Ethernet; Optional: optical fiber	
Compliance	CE, IEC 62109, IEC 61727, IEC 62116, IEC 62271-202, IEC 62271-200, IEC 60076	
Grid support	Q at night (Optional), L/HVRT, active & reactive power control and power ramp rate control	

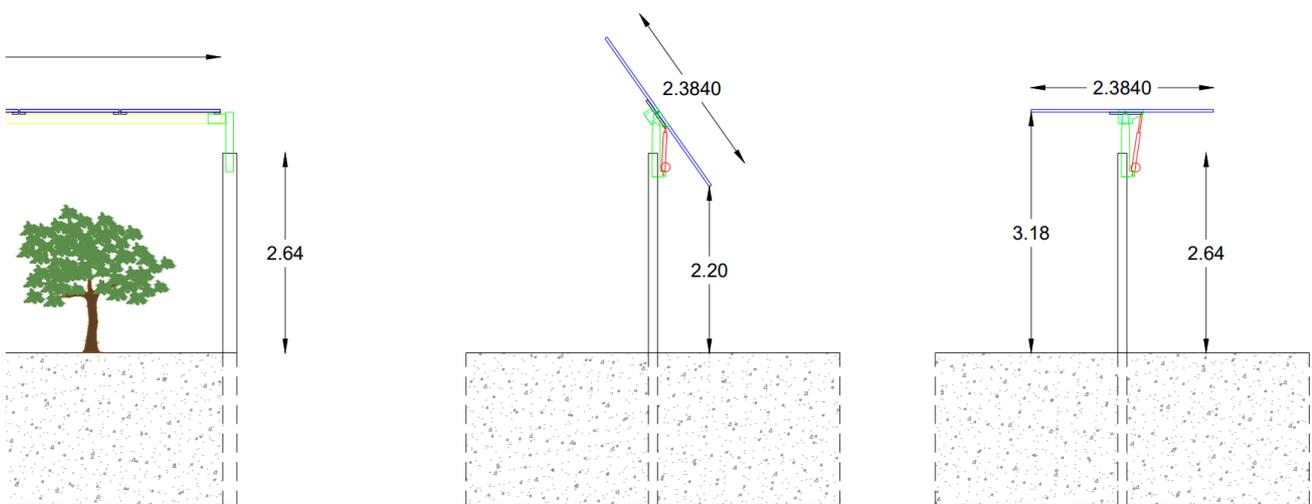
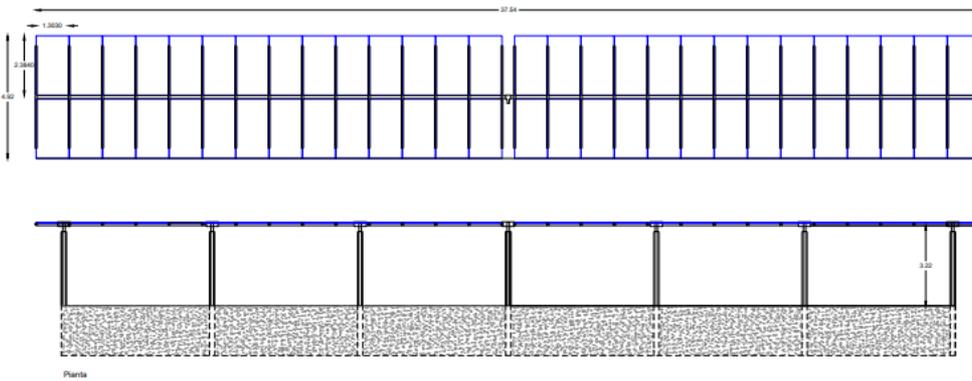
FABROEN SRL	RELAZIONE TECNICA IMPIANTO FOTOVOLTAICO	ID TERNA 202203039
RSO6REL0003A0	PROGETTO IMPIANTO AGRIVOLTAICO LENTINI 1	Pn 60.016 KW

6.2 Strutture dei Pannelli

STRUTTURE TRACKER CONVERT 1 P SOLLEVATE



STRUTTURE TRACKER CONVERT 2 P

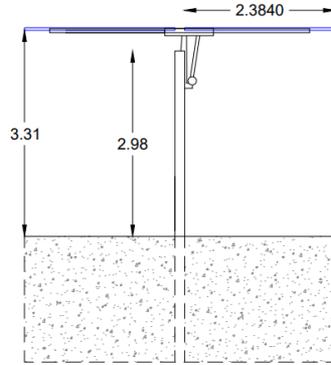
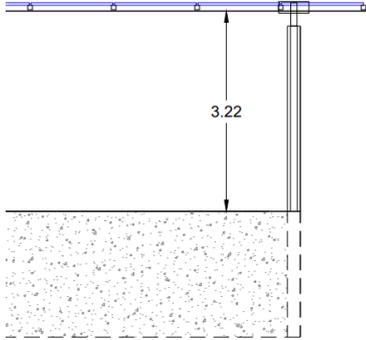


Prospetto laterale

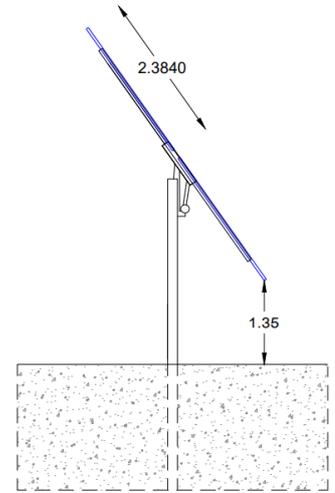
Prospetto laterale

0 0.50 1mt

FABROEN SRL	RELAZIONE TECNICA IMPIANTO FOTOVOLTAICO	ID TERNA 202203039
RSO6REL0003A0	PROGETTO IMPIANTO AGRIVOLTAICO LENTINI 1	Pn 60.016 KW



Prospetto laterale



Prospetto laterale

0 0.50 1mt

FABROEN SRL	RELAZIONE TECNICA IMPIANTO FOTOVOLTAICO	ID TERNA 202203039
RSO6REL0003A0	PROGETTO IMPIANTO AGRIVOLTAICO LENTINI 1	Pn 60.016 KW

6.1 Caratteristiche Tecniche dello StringBox

	1,500 V		
	StringBox 160	StringBox 240	StringBox 320
Input			
Maximum number of input strings	16	24	32
Rated current per string	10 A	10 A	10 A
Maximum current per string	12 A	12 A	12 A
Number of protection fuses	2 x 16	2 x 24	2 x 32
Type of fuses	gPV fuses, 10 x 85 mm, 30 kA		
Maximum DC voltage	1,500 V		
Inlet connections	M32 cable glands (n,4 cables entry diameter: 3,5 to 7 mm for each cable gland) with Direct connection on fuse holders		
Output			
Rated total current	160 A	240 A	320 A
Maximum total current ¹⁾	192 A	288 A	360 A
Outlet connections	Up to 2 pairs of M50 cable glands (cable diameter: 27 to 35 mm) with direct connection on copper plates		
DC switch disconnect rating	315 A	315 A	400 A