



PROVINCIA  
DI SASSARI



REGIONE  
SARDEGNA



COMUNE DI  
BESSEUDE



COMUNE DI  
BONNANARO

## REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO CONNESSO ALLA R.T.N. DELLA POTENZA DI PICCO 67.562,88 kWp

Denominazione Impianto: IMPIANTO AGROVOLTAICO PLOAGHE MORES AGR 1

Ubicazione: Comuni di Bessude e Bonnanaro

ELABORATO

RELAZIONE DESCRITTIVA

DOC\_R\_06



CLEAN ENERGY NATURALLY

**Project - Commissioning - Consulting**  
CEN SRL  
STRADA DI GUINZA GRANDE  
1 INT. 2 CAP 01014  
MONTALTO DI CASTRO (VT)

Scala: Varie

PROGETTO

Data:  
30/11/23

PRELIMINARE



DEFINITIVO



ESECUTIVO



Il Richiedente:

**CCEN PLOAGHE MORES AGR 1 SRL**  
PIAZZA WALTHER VON VOGELWEIDE 8  
39100 BOLZANO  
KANZLEI ROEDL & PARTNER  
P. IVA: 03218450215

Tecnici:

Ing. Federico BONI - Iscrizione Ordine degli Ingegneri della Provincia di Viterbo A-754  
Prof. Giuseppe Scanu - Ordine dei Geologi della Sardegna n. 32  
Dottore Forestale Simone Puddu - Ordine Dei Dot Agr e For della Prov di Oristano n.147

Revisione	Data	Descrizione	Redatto	Approvato	Autorizzato
01					
02					
03					
04					

Firma Produttore

Firme



## Sommario

<b>1. PREMESSA.....</b>	<b>2</b>
<b>2. INTRODUZIONE .....</b>	<b>3</b>
<b>3. RIFERIMENTI NORMATIVI.....</b>	<b>4</b>
<b>4. UBICAZIONE IMPIANTO.....</b>	<b>8</b>
<b>5. DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO AGROVOLTAICO: CARATTERISTICHE SALIENTI.....</b>	<b>9</b>
<b>6. DIMENSIONAMENTO DEGLI IMPIANTI.....</b>	<b>13</b>
<b>7. PRINCIPALI COMPONENTI DI IMPIANTO.....</b>	<b>15</b>
<b>8.1. MODULI FOTOVOLTAICI.....</b>	<b>15</b>
<b>8.2. SOLAR INVERTER.....</b>	<b>19</b>
<b>8.3. STRUTTURE DI FISSAGGIO .....</b>	<b>22</b>
<b>8.4. STAZIONI DI TRASFORMAZIONE E CABINE DI INTERFACCIA.....</b>	<b>23</b>
<b>8.5. SISTEMA DI ACCUMULO DELL'ENERGIA ELETTRICA .....</b>	<b>25</b>
<b>8. IMPIANTI AUSILIARI E OPERE CIVILI.....</b>	<b>26</b>
<b>8.1. IMPIANTO DI TERRA ED EQUIPOTENZIALE .....</b>	<b>26</b>
<b>8.2. IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE PERIMETRALE .....</b>	<b>26</b>
<b>8.3. IMPIANTO DI VIDEOSORVEGLIANZA.....</b>	<b>26</b>
<b>8.4. METEO STATION .....</b>	<b>27</b>
<b>8.5. SISTEMA DI SUPERVISIONE .....</b>	<b>27</b>
<b>8.6. RECINZIONE PERIMETRALE.....</b>	<b>29</b>
<b>9. CAVIDOTTO "AGR1 - SSE RTN 36/220 kV".....</b>	<b>29</b>

## 1. PREMESSA

---

L'Italia condivide pienamente l'orientamento comunitario teso a rafforzare l'impegno per la decarbonizzazione dei sistemi energetici ed economici europei, e a portare l'Europa ad essere la prima area regionale ad avere una dimensione sociale, economica e produttiva totalmente ad emissioni nette nulle, anche al fine di ottenere una leadership in tale settore in ambito internazionale e quindi ad essere una guida delle altre economie mondiali.

Tale percorso è tuttavia notevolmente complesso e non si presta a soluzioni semplici o a scelte precostituite, ma richiederà misure in grado di favorire l'utilizzo di tutte le tecnologie, comportamenti e fonti energetiche disponibili in grado di decarbonizzare l'economia del paese, adattando le diverse scelte in funzione delle esigenze collegate ai diversi ambiti produttivi, economici e sociali.

I recenti eventi che hanno colpito i sistemi sociali (la pandemia, la guerra della Russia all'Ucraina, l'aumento vertiginoso dei prezzi dell'energia) hanno infatti evidenziato la fragilità dei modelli di interdipendenza dei sistemi energetici ed economici, mostrando che le scelte verso la decarbonizzazione, divenute sempre più urgenti in funzione del mutamento climatico ormai già in atto, con effetti che si manifestano in particolar modo nelle aree mediterranee, dovranno anche scontare dei fattori di resilienza, in modo da poter attenuare possibili nuovi eventi avversi.

Occorre coniugare le politiche di decarbonizzazione con quelle volte a mantenere la qualità della vita e dei servizi sociali, la lotta alla povertà energetica, e il mantenimento della competitività e dell'occupazione, data la struttura del tessuto produttivo e manifatturiero italiano, non solo nei confronti dei paesi extraeuropei che ancora non attuano con pari determinazione e velocità le politiche di decarbonizzazione, ma anche evitando fenomeni di concorrenza intraeuropea, a causa di misure nazionali non armonizzate a livello comunitario. Si tratta quindi di sviluppare le misure descritte nel presente Piano in termini programmatici, declinandole in strumenti operativi che migliorino insieme sicurezza energetica, tutela dell'ambiente e accessibilità dei costi dell'energia, contribuendo agli obiettivi europei in materia di energia e ambiente.

Esaminando gli scenari in termini di emissioni e di raggiungimento dei target globali e settoriali per il 2030 delineati nel Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima (PNIEC) del 2019, si nota una distanza nel loro raggiungimento, dovuta sia al fatto che erano notevolmente sfidanti in relazione alle effettive possibilità di conseguirli in termini di investimenti e tempi realizzativi, sia agli ostacoli che si sono incontrati per la loro realizzazione, legati alle difficoltà autorizzative per i nuovi impianti a fonti rinnovabili, e infine per il rallentamento delle attività nei recenti periodi di crisi. Ciò determina un maggiore sforzo nel raggiungere i nuovi obiettivi di riduzione delle emissioni fissati a livello comunitario al 2030, che dovranno essere fissati in modo pragmatico ed effettivamente conseguibile.

Secondo gli obiettivi del Piano, il parco di generazione elettrica subisce una importante trasformazione grazie all'obiettivo di phase out della generazione da carbone già al 2025 e alla promozione dell'ampio ricorso a fonti energetiche rinnovabili. Il maggiore contributo alla crescita delle rinnovabili deriverà proprio dal settore elettrico, che al 2030 raggiunge i 16 Mtep di generazione

da FER, pari a 187 TWh. La forte penetrazione di tecnologie di produzione elettrica rinnovabile, principalmente fotovoltaico ed eolico, permetterà al settore di coprire il 55,0% dei consumi finali elettrici lordi con energia rinnovabile, contro il 34,1% del 2017. Difatti, il significativo potenziale incrementale tecnicamente ed economicamente sfruttabile, grazie anche alla riduzione dei costi degli impianti fotovoltaici ed eolici, prospettano un importante sviluppo di queste tecnologie, la cui produzione dovrebbe rispettivamente triplicare e più che raddoppiare entro il 2030.

Per il raggiungimento degli obiettivi rinnovabili al 2030 sarà necessario non solo stimolare nuova produzione, ma anche preservare quella esistente e anzi, laddove possibile, incrementarla promuovendo altresì il revamping e repowering di impianti.

Tabella 10 - Obiettivi di crescita della potenza (MW) da fonte rinnovabile al 2030

Fonte	2016	2017	2025	2030
Idrica	18.641	18.863	19.140	19.200
Geotermica	815	813	920	950
Eolica	9.410	9.766	15.950	19.300
di cui off shore	0	0	300	900
Bioenergie	4.124	4.135	3.570	3.760
Solare	19.269	19.682	28.550	52.000
di cui CSP	0	0	250	880
<b>Totale</b>	<b>52.258</b>	<b>53.259</b>	<b>68.130</b>	<b>95.210</b>

#### PNIEC

In un contesto come quello descritto, l'opera oggetto della presente relazione descrittiva 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 (PINIEC), con finalizzazione 2030.

Il raggiungimento di tali risultati 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.

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 e tecnologiche di un impianto agrolvoltaico, denominato Ploaghe Mores AGR 1, di prossima realizzazione associato alla proponente società CCEN Ploaghe Mores Agr 1 S.r.l. con sede in piazza Walther Von Vogelweide n.8 Bolzano (BZ). Le varie componenti di impianto e opere di rete, oggetto

della presente valutazione, interesseranno il territorio dei Comuni di Bonnanaro, Bessude e Mores (SS).

Di seguito si riporta la denominazione dell'impianto agrovoltaiico e le relative potenze, quella di generazione (picco) e quella di immissione (nominale):

DENOMINAZIONE IMPIANTO	IMPIANTO AGROVOLTAICO PLOGHE MORES AGR 1
POTENZA DI PICCO DC (kWp)	67.562,88
POTENZA NOMINALE AC (kW)	58.200,00

L'impianto sarà direttamente collegato alla rete pubblica di trasmissione dell'energia elettrica in alta tensione (grid connected) in modalità di cessione pura, ovvero l'energia prodotta dall'impianto non sarà utilizzata in loco ma totalmente immessa in rete al netto dei consumi per l'alimentazione dei servizi ausiliari necessari al corretto esercizio dell'impianto stesso.

L'idea alla base del presente sviluppo progettuale è quella di massimizzare la potenza di picco dell'impianto agrovoltaiico in rapporto alla superficie utile di terreno disponibile nel pieno rispetto di tutta la legislazione e la normativa tecnica vigenti per la costruzione e l'esercizio degli impianti fotovoltaici.

La scelta dell'architettura di impianto e dei materiali da utilizzare per la costruzione tengono conto da un lato delle migliori proposte tecnologiche in commercio e dall'altro degli elevati standard costruttivi della Società proponente.

### 3. RIFERIMENTI NORMATIVI

Di seguito vengono elencate, a titolo indicativo non esaustivo, le principali norme tecniche applicabili al presente progetto di sviluppo:

CLASSIFICAZIONE CENELEC - IEC CEN - ISO	CLASSIFICAZIONE CEI - UNI	TITOLO DELLA NORMA, SPECIFICA O GUIDA
NC	CEI 0-2	<i>Guida per la definizione della documentazione di progetto degli impianti elettrici</i>
EN 61936 -1	CEI 99-2	<i>Impianti elettrici con tensione superiore a 1 kV in corrente alternata - Parti Comuni</i>

EN 50522	CEI 99-3	<i>Messa a terra degli impianti elettrici a tensione superiore a 1 kV in c.a.</i>
NC	CEI 99-5	<i>Guida per l'esecuzione degli impianti di terra delle utenze attive e passive connesse ai sistemi di distribuzione con tensione superiore a 1 kV in c.a.</i>
EN 60137	CEI 36-2	<i>Isolatori passanti per tensioni alternate oltre 1000 V</i>
EN 60273	NC	<i>Characteristics of indoor and outdoor post insulators for system with nominal voltage greater than 1000 V</i>
NC	CEI 36-12	<i>Caratteristiche degli isolatori portanti per interno ed esterno destinati a sistemi con tensioni nominali superiori a 1000 V</i>
EN 60721-1	CEI 104-33	<i>Classificazione delle condizioni ambientali Parte 1: Parametri ambientali e loro severità</i>
EN 60815 - 1	CEI 36-41	<i>Scelta e dimensionamento di isolatori per alta tensione per uso in condizioni ambientali inquinate Parte 1: Definizioni, informazioni e principi generali</i>
EN 60815 - 2	CEI 36-42	<i>Scelta e dimensionamento di isolatori per alta tensione per uso in condizioni ambientali inquinate Parte 2: Isolatori di ceramica e di vetro per sistemi in c.a.</i>
EN 60815 - 3	CEI 36-43	<i>Scelta e dimensionamento di isolatori per alta tensione per uso in condizioni ambientali inquinate Parte 3: Isolatori polimerici per sistemi in c.a.</i>
EN 61869-1	CEI 38-11	<i>Trasformatori di misura - Parte 1: Prescrizioni generali</i>
EN 61869-2	CEI 38-14	<i>Trasformatori di misura - Parte 2: Prescrizioni addizionali per trasformatori di corrente</i>
EN 61869-3	CEI 38-12	<i>Trasformatori di misura - Parte 3: Prescrizioni addizionali per trasformatori di tensione</i>
EN 61869-4	CEI 38-15	<i>Trasformatori di misura - Parte 4: Prescrizioni addizionali per trasformatori combinati</i>

EN 61869-5	CEI 38-13	<i>Trasformatori di misura - Parte 5: Prescrizioni addizionali per trasformatori di tensione capacitivi</i>
EN 50110-1	CEI 11-27	<i>Lavori su impianti elettrici</i>
EN 50110-2	CEI 11-48	<i>Esercizio degli impianti elettrici Parte 2: Allegati nazionali</i>
EN 62271-1/A1	CEI 17-112	<i>Prescrizioni comuni per apparecchiature di manovra e di comando ad alta tensione</i>
EN 62271-100	CEI 17-1	<i>Interruttori a corrente alternata ad alta tensione</i>
EN 62271-102	CEI 17-83	<i>Apparecchiatura per Alta Tensione Parte 102: Sezionatori e sezionatori di terra a corrente alternata</i>
EN 62271-103	NC	<i>High-voltage switchgear and controlgear - Part 103: Switches for rated voltages above 1 kV up to and including 52 kV</i>
EN 62271-104	CEI 17-121	<i>Interruttori di manovra e interruttori di manovra sezionatori per alta tensione - Parte 1 e 2</i>
EN 62271-200	CEI 17- 06	<i>Apparecchiatura ad alta tensione Parte 200: Apparecchiatura prefabbricata con involucro metallico per tensioni da 1 kV a 52 kV</i>
NC	CEI 57-3	<i>Dispositivi di accoppiamento per impianti ad onde convogliate</i>
IEC 60364	CEI 64-8	<i>Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e 1500 V in corrente continua: 1-7</i>
IEC / EN 61439-1	CEI 17-113	<i>Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT) parte 1: Regole generali</i>
EN 60071-1	CEI 28-5	<i>Coordinamento dell'isolamento</i>
EN 60099-5	CEI 37-3	<i>Scaricatori Parte 5: Raccomandazioni per la scelta e l'applicazione.</i>
EN 50110-1	CEI 11-27	<i>Lavori su impianti elettrici</i>

EN 50110-2	CEI 11-48	<i>Esercizio degli impianti elettrici Parte 2: Allegati nazionali</i>
NC	UNI 9795	<i>Sistemi fissi automatici di rivelazione e di segnalazione allarme d'incendio - Progettazione, installazione ed esercizio</i>
NC	CEI 106-11	<i>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</i>
CEI EN 61000-6-2	CEI 210-54	<i>Compatibilità elettromagnetica (EMC) Parte 6-2: Norme generiche - Immunità per gli ambienti industriali</i>
CEI EN 61000-6-4	CEI 210-66	<i>Compatibilità elettromagnetica (EMC) Parte 6-4: Norme generiche - Emissione per gli ambienti industriali</i>
NC	CEI 7-6	Norme per il controllo della zincatura a caldo per immersione su elementi di materiale ferroso destinati a linee e impianti elettrici
UNI EN ISO 2178	NC	<i>Misurazione dello spessore del rivestimento</i>
UNI EN ISO 2064	NC	<i>Rivestimenti metallici ed altri rivestimenti inorganici. Definizioni e convenzioni relative alla misura dello spessore</i>
EN 60947-7-2	CEI 17-62	<i>Morsetti componibili per conduttori di protezione in rame</i>
EN 60947-7-3	CEI 17-84	<i>Apparecchiature a bassa tensione Parte 7-3: Apparecchiature ausiliarie - Prescrizioni di sicurezza per morsetti componibili con fusibili</i>
NC	CEI 99-27	<i>Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione pubblica di energia elettrica; linee in cavo.</i>
NC	CEI 20-65	<i>Cavi elettrici isolati con materiale elastomerico, termoplastico e isolante minerale per tensioni nominali non superiori a 1000 V in corrente alternata e 1500 V in corrente continua. Metodi di verifica termica (portata) per cavi raggruppati in fascio contenente conduttori di sezione differente</i>
NC	CEI 20-22/2	<i>Prove di incendio su cavi elettrici. Prova di non propagazione dell'incendio.</i>



EN 60529	CEI EN 60529	<i>Gradi di protezione degli involucri (Codice IP)</i>
NC	CEI 0-16	<i>Regola tecnica di riferimento per la connessione di Utenti attivi e passivi alle reti AT ed MT delle imprese distributrici di energia elettrica</i>

Di tutte le norme anche non espressamente citate verrà considerato l'ultimo aggiornamento disponibile, compresi gli eventuali supplementi, modifiche ed integrazioni.

#### 4. UBICAZIONE IMPIANTO

Come anticipato, l'impianto agrovoltaiico in progetto sarà realizzato nel territorio dei Comuni di Bonnanaro e Bessude in Provincia di Sassari, su terreni regolarmente censiti al catasto dei relativi Comuni come da piano particellare allegato al progetto. L'elaborazione del design di impianto ha tenuto conto delle superfici di terreno disponibile all'installazione del generatore agrovoltaiico, pertanto, l'impianto AGR 1 è stato suddiviso su due aree distinte e separate entrambe a destinazione d'uso agricola. La prima area ha è situata nel territorio del Comune di Bonnanaro, essa sarà denominata "Su Campu" e presenta una superficie complessiva utile di 424.275 m<sup>2</sup>, la seconda area sarà denominata "Altopiano" e si estende invece a cavallo tra i territori dei due Comuni e presenta una superficie utile di 258.153 m<sup>2</sup>. Per superficie utile si intende quella effettivamente dedicata all'area di impianto, fascia di mitigazione esterna inclusa nel conteggio, mentre per superficie disponibile ci si riferisce all'intera area catastale nella piena disponibilità della Società proponente e della quale la precedente è compresa al suo interno.

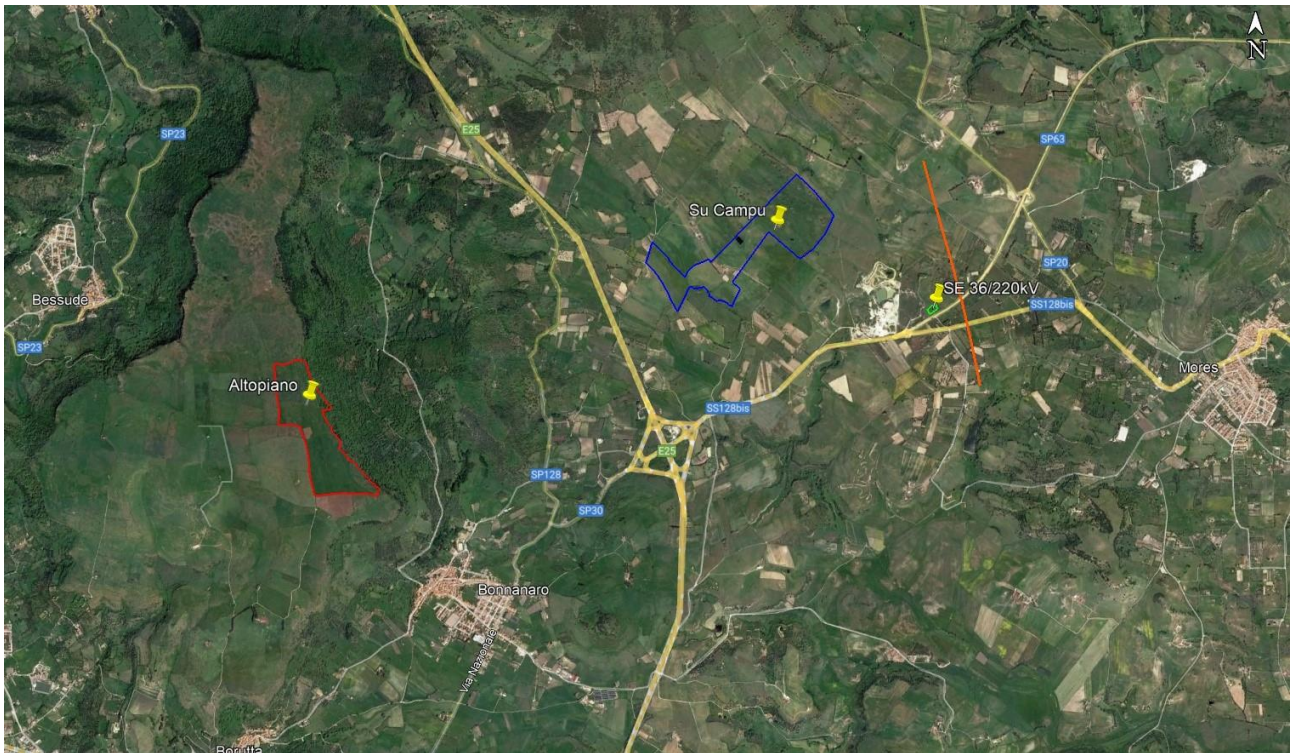
L'area di impianto Su Campu risulta ubicata ad una distanza di circa 3,5 km dal centro del Comune di Bonnanaro in direzione nord-est mentre l'area Altopiano si trova a ridosso del confine tra i due Comuni indicate e dista circa 1,8 km in linea d'aria dal centro del Comune di Bessude in direzione est-sud-est. Le due aree non sono limitrofe e presentano una distanza, sempre in linea d'aria, di circa 3,5 km.

DENOMINAZIONE IMPIANTO	AGR 1_AREA SU CAMPU
LATITUDINE	40°33'16.67"N
LONGITUDINE	8°47'5.22"E
SUPERFICIE DISPONIBILE (m <sup>2</sup> )	443.558
SUPERIFICIE UTILE (m <sup>2</sup> )	424.275

DENOMINAZIONE IMPIANTO	AGR 1_AREA ALTOPIANO
LATITUDINE	40°32'37.94"N

LONGITUDINE	8°45'0.39"E
SUPERFICIE DISPONIBILE (m <sup>2</sup> )	329.972
SUPERIFICIE UTILE (m <sup>2</sup> )	258.153

Nell'immagine satellitare di cui sopra le due zone occupate dall'impianto agrovoltaico sono evidenziate rispettivamente in rosso (Altopiano) e blu (Su Campu), mentre in verde viene indicata l'area che si intende proporre al Gestore della RTN per l'ubicazione della Stazione Elettrica (SE) 36/220 kV di futura realizzazione e che si collegherà in entra-esce sulla linea 220 kV "Codrongianos-Ottana" (in arancione). La suddetta SE rappresenta il punto di connessione dell'impianto agrovoltaico AGR1 alla rete pubblica di trasmissione nazionale come indicato nella Soluzione Tecnica Minima Generale messa a disposizione dal Gestore di Rete e accettata dalla proponente.



## 5. DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO AGROVOLTAICO: CARATTERISTICHE SALIENTI

Il generatore agrovoltaico si estenderà su due superfici di terreno a destinazione agricola insistenti nel territorio dei Comuni di Bonnanaro e Bessude (SS) mentre il cavidotto di connessione dell'impianto alla RTN interesserà una zona di territorio del Comune di Mores (SS) Di seguito si riportano le caratteristiche principali per l'impianto agrovoltaico:

DENOMINAZIONE IMPIANTO	IMPIANTO AGROVOLTAICO PLOAGHE MORES AGR 1
SUPERFICIE UTILE TOTALE (m <sup>2</sup> )	682.428
POTENZA PICCO DC (kW)	67.562,88
POTENZA NOMINALE AC (kW)	58.200
MODULI INSTALLATI	102.368
TOTALE STRINGHE INSTALLATE	3.656
TOTALE INVERTER INSTALLATI	194

I moduli fotovoltaici previsti in progetto hanno una potenza nominale pari a 660 W (@STC) e saranno installati "a terra" su strutture di fissaggio tipo tracker (inseguitore solare) mono-assiale Nord/Sud. I moduli ruoteranno attorno all'asse della struttura da Est a Ovest con un'angolazione massimo rispetto al piano campagna di  $\pm 55^\circ$  inseguendo la posizione del sole sull'orizzonte durante l'arco della giornata.

I moduli fotovoltaici scelti per la realizzazione dell'impianto oggetto della presente relazione sono di tipo bifacciale in grado cioè di captare sia la radiazione luminosa direttamente incidente sul fronte che quella riflessa sul retro, avranno dimensioni pari a (2.384 H x 1.303 L x 35 P) mm e sono composti da 132 celle (2x11x6) in silicio monocristallino sviluppate su tecnologia PERC (Passivated Emitter and Rear Cell), ovvero sottoposti a procedimento di passivazione dello strato posteriore delle celle. I moduli saranno collegati tra di loro in serie a formare stringhe di 28 unità, la lunghezza di stringa è stabilita in funzione delle caratteristiche del sistema agrovoltico in termini di tensione massima ammissibile e della potenza complessiva.

Dal punto di vista costruttivo, essi saranno fissati su ciascun tracker in modalità portrait 2xP, ovvero in file doppie composte da moduli singoli con lato corto parallelo all'asse di rotazione (N-S), le strutture utilizzate nel presente progetto saranno essenzialmente di due tipi individuate in funzione della loro lunghezza, doppia fila da 28 moduli per un totale di 56 moduli e 38 metri circa di lunghezza, fila doppia da 14 moduli per un totale di 28 moduli e 19 metri circa di lunghezza. L'asse centrale di rotazione sarà collegato a pali di sostegno verticali infissi nel terreno senza l'ausilio di opere in calcestruzzo.

Per la conversione della corrente continua, prodotta dai moduli fotovoltaici, in corrente alternata fruibile dal sistema di distribuzione e trasmissione nazionale, il design di impianto prevede l'utilizzo di string inverter, ovvero unità statiche di conversione della corrente DC/AC caratterizzate da potenze nominali contenute (qualche centinaio di kilowatt) e dotate di un sistema multi MPPT. Le stringhe saranno collegate direttamente agli ingressi degli string inverter in modalità fuse less,

ovvero in modo diretto senza l'installazione di alcun quadro di campo per il parallelo o il sezionamento.

Ciascun inverter sarà collocato in campo direttamente fissato alla struttura che sostiene i moduli fotovoltaici, complessivamente AGR1 prevede l'installazione di 194 unità di conversione aventi potenza nominale pari a 300 kW ciascuno.

La corrente in uscita da ciascun inverter sarà poi veicolata alle Power Station. Anch'esse dislocate direttamente in campo, trattasi di cabine di trasformazione MT/BT dove la tensione nominale di esercizio sarà elevata da 800 V, quella in uscita dagli inverter, a 36 kV, quella prevista dalla soluzione tecnica di connessione. Come specificato, le Power Station sono delle cabine di trasformazione MT/BT dove al loro interno sono installati tutti gli apparati necessari al sezionamento e alla protezione degli apparati in campo. In particolare, ogni cabina è suddivisa in tre scomparti che prevedono l'installazione di un quadro di bassa tensione che raccoglie le uscite degli inverter e ne fa il parallelo, un trasformatore 0,8/36 kV e un quadro di media tensione per il sezionamento e protezione della linea MT. Ciascuna Power Station avrà le dimensioni pari a 6.058x2.438x2.896 mm ed ospiterà al suo interno un trasformatore in olio ONAN di potenza apparente pari a 3.150 kVA, complessivamente AGR 1 prevede l'installazione di 21 Power Station (9 Altopiano e 12 Su Campu).

Le uscite in media tensione da ciascuna Power Station saranno tutte convogliate verso un'ulteriore cabina, la Cabina Utente, all'interno della quale se ne potrà realizzare il parallelo ed avere in uscita dalla stessa un'unica linea MT da gestire. Di fatto, la Cabina Utente rappresenta l'interfaccia del campo agrovoltaiico con l'esterno e poichè AGR1 è suddiviso su 2 aree distinte e separate si prevede l'installazione di due Cabine Utente, una per ciascuna di esse. L'uscita della Cabina Utente di Altopiano sarà collegata a quella dell'area Su Campu e da questa l'energia prodotta dall'intero campo sarà veicolata al punto di consegna.

Pertanto, il quadro di media tensione collocato all'interno della Cabina Utente Su Campu è l'apparato dove saranno attestate tutte le linee MT provenienti dal campo e rappresenta il punto di interfaccia dell'impianto con la RTN, su di esso sarà infatti attestata anche la linea di collegamento in uscita dal campo verso la nuova SE e saranno collocate tutte le protezioni indicate dalle vigenti normative tecniche per la connessione come il Sistema di Protezione Generale (SPG) e il Sistema di Protezione di Interfaccia (SPI).

Le Cabine Utente prevedono anche una sezione per l'installazione degli apparati di protezione, trasformazione e sezionamento dedicata esclusivamente ai servizi ausiliari di campo, necessari al corretto e quotidiano esercizio dell'impianto.

Entrambe le cabine avranno dimensione pari a 12.700x3.700x3.075 mm e saranno costruite in cemento armato vibrocompresso (c.a.v.)

L'impianto agrovoltaiico prevede altresì l'installazione di due Control Room, una per ciascuna area di impianto, esse rappresentano una sorta di ufficio di campo dove al suo interno saranno installati i principali apparati ausiliari che consentono la corretta gestione ed esercizio dell'impianto come quelli

per la trasmissione dati, per il sistema antintrusione e la videosorveglianza. Anche la Control Room, come le Power Station, avrà le dimensioni di un container da 20 piedi ovvero 6.058x2.438x2.896 mm.

All'interno dell'area Su Campu una piccola superficie di terreno sarà riservata al sistema di accumulo dell'energia che si inserisce nel presente sviluppo come opzionale ma che nel prossimo futuro troverà sicuramente realizzazione.

Il sistema di accumulo che si intende predisporre per AGR1 prevede l'accoppiamento al sistema agrovoltico in modalità AC coupling, ovvero lato corrente alternata. Complessivamente si predisporranno 8 container batterie e 4 container di trasformazione MT/BT per un totale di circa 16 MWh come capacità di accumulo e circa 12 MW come potenza del sistema. Tutti i container avranno dimensioni di 6.058x2.438x2.896 (totale 12 unità).

L'impianto agrovoltico sarà altresì dotato di un sistema di telecontrollo (SCADA) attraverso il quale sarà possibile monitorare in tempo reale i principali parametri elettrici sia lato impianto che lato rete ed acquisire i dati di misurazione meteorologici eseguiti dalla meteo station in campo (piranometri, anemometri, etc.). Tutti i dati acquisiti renderanno possibile la valutazione e il controllo delle prestazioni dell'intero sistema. L'impianto di supervisione consentirà anche di eseguire da remoto la modifica del set point di lavoro dei parametri elettrici in rispetto delle richieste del distributore di rete secondo i dettami dell'allegato A68 al codice di rete Terna.

Il campo agrovoltico 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. L'impianto sarà protetto contro gli accessi indesiderati mediante l'installazione di una recinzione perimetrale e dal sistema di illuminazione e videosorveglianza. L'accesso carrabile sarà costituito da un cancello a due ante in pannellature metalliche, larghezza 6 metri e montato su pali in acciaio infissi al suolo.

La recinzione perimetrale sarà realizzata con rete metallica rombata plastificata a maglia larga alta 2 metri e sormontata da una doppia fila di filo di acciaio, collegata a pali di acciaio zincati alti 3 metri infissi direttamente nel suolo per una profondità di 60 cm circa (quota questa che dipende dalla tipologia del terreno). La rete metallica non sarà realizzata a totale chiusura del perimetro, rispetto al piano campagna, infatti, sarà lasciato un passaggio di altezza 20 cm ogni 100 metri che consenta il passaggio della fauna selvatica di piccola taglia. Sia la viabilità perimetrale che quella interna avranno larghezza di 3 m; entrambe i tipi di viabilità saranno realizzate in battuto e ghiaia (materiale inerte di cava a diversa granulometria).

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. I pali avranno una altezza massima di 3 metri fuori terra, saranno dislocati ogni 40 metri lungo la recinzione perimetrale e su di essi saranno montati i corpi illuminanti (che si attiveranno in caso di allarme/intrusione) e le videocamere del sistema di sorveglianza. I cavi di collegamento del sistema saranno alloggiati nello scavo perimetrale eventualmente sfruttando quello già previsto per il

passaggio dei cavidotti di ciascun impianto. 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 spillamento di 100 kVA per il funzionamento di tutti i sistemi ausiliari.

I collegamenti di bassa tensione, sia quelli in corrente continua che in corrente alternata, saranno realizzati totalmente all'interno dell'area recintata così come pure quelli di media tensione ad eccezione del collegamento tra la Power Station di Altpiano e quella di Su Campu e il collegamento verso il punto di connessione alla SE della RTN.

Tutti i cavi, ad eccezione dei cavi stringa, saranno posati in trincea ovvero direttamente interrati senza l'ausilio di cavidotti o protezioni meccaniche. In tal caso la profondità di posa dei cavi sarà di 80 cm per i cavi di bassa tensione e 120 cm per quelli di media tensione, tutti saranno opportunamente segnalati mediante la posa di nastro monitore ad una distanza non inferiore a 20 cm dai cavi. Fanno eccezione alla posa direttamente interrata in trincea i soli cavi stringa che collegano ciascuna stringa all'inverter di riferimento, in questo caso i cavi saranno posati entro tubazioni corrugate in polietilene doppia parete ad elevata resistenza meccanica (450 N) interrate ad una profondità di circa 50 cm.

L'esercizio ordinario dell'impianto agrovoltaico richiede presenza e impiego di personale addetto sia nell'ambito della sorveglianza che dal punto di vista tecnico per interventi di manutenzione ordinaria, straordinaria ma anche in caso di guasto all'impianto. Pertanto, tale iniziativa potrà avere delle ricadute occupazionali importanti per la zona di interesse.

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 taglio dell'erba sottostante i pannelli. La frequenza delle suddette operazioni avrà indicativamente carattere stagionale, salvo casi particolari individuati durante la gestione dell'impianto. Le operazioni di taglio dell'erba saranno effettuate, secondo una tecnica già consolidata e comprovata in quasi dieci anni di esercizio di impianti fotovoltaici, che prevede l'accordo con i pastori locali per far pascolare nell'area di impianto greggi di pecore. Tale procedura, del tutto naturale, assicura ottimi risultati ed evita il ricorso a macchine di taglio o a diserbanti chimici. Le operazioni di lavaggio dei pannelli saranno invece 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.

In fase preliminare di progettazione si è scelto un design di impianto in cui la conversione della corrente prodotta dal generatore agrovoltaico in alternata è realizzato mediante string inverter; nella tabella sottostante sono riportati le caratteristiche di dimensionamento dell'impianto. Come già specificato, le stringhe fotovoltaiche non saranno "parallelate" su quadri di campo ma saranno direttamente collegate agli ingressi degli inverter.

Come anticipato, l'uscita di ciascun inverter sarà collegata alle Power Station dove si provvederà alla trasformazione della tensione di esercizio da bassa tensione 800 V (quella nominale prodotta dall'inverter) a media 36 kV.

La Power Station sarà pertanto composta da un quadro di bassa tensione per il parallelo delle linee provenienti dagli inverter, un trasformatore MT/BT, un quadro MT e dagli apparati ausiliari necessari al funzionamento ordinario dalla Power Station stessa. Ogni Power Station gestirà un sottocampo, in totale per AGR1 sono previsti 21 sottocampi (9 Altopiano + 12 Su Campu).

Il sistema agrovoltaico sarà progettato e realizzato in modo tale che tutti i componenti abbiano una tensione limite di esercizio in corrente continua di 1.500 V, valore questo che andrà a definire la stringatura in funzione dei parametri tecnici dei moduli scelti. Per tale progetto il numero di moduli fotovoltaici per stringa sarà pari a 28 unità. Nella seguente tabella 4 sono riportati i dati di inverter

DENOMINAZIONE IMPIANTO	IMPIANTO AGROVOLTAICO PLOGHE MORES AGR 1
POWER STATION	21
NUMERO TOTALE INVERTER	194
POTENZA NOMINALE INVERTER (kW)	300
POTENZA NOMINALE IMPIANTO AC (kW)	58.200

Occorre osservare che la potenza nominale attiva generata dall'impianto agrovoltaico vale, al punto di evacuazione identificato con la cabina utente Su Campu 58,2 MW con valori di fattore di potenza pari a circa 0,91. Il valore della potenza apparente sarà poi gestito in modo tale da essere rispondente al requisito dell'allegato A68 del codice di rete in termini di potenza reattiva scambiata con la rete.

Il sistema agrovoltaico sarà progettato e realizzato in modo tale che tutti i componenti abbiano una tensione limite di esercizio in corrente continua di 1.500 V, valore questo che andrà a definire la stringatura in funzione dei parametri tecnici dei moduli scelti. Per tale progetto il numero di moduli fotovoltaici per stringa è stato individuato pari a 28 unità.

## **7. PRINCIPALI COMPONENTI DI IMPIANTO**

---

Gli impianti 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 viene convertita in corrente elettrica alternata per alimentare il carico-utente e/o immessa in rete, con la quale lavora in regime di interscambio.

Un impianto agrovoltaico è costituito da un insieme di componenti meccanici, elettrici ed elettronici che captano l'energia solare, la trasformano in energia elettrica, sino a renderla disponibile all'utilizzatore.

Esso sarà quindi costituito dal generatore agrovoltaico e da un sistema di controllo e condizionamento della potenza. 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, del sistema di controllo della potenza e di quello di conversione, ed eventualmente di quello di accumulo (non presente in questo progetto), 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 AGR1 con indicazioni delle prestazioni relative, nonché sulle soluzioni progettuali e operative adottate per minimizzare le emissioni e il consumo di risorse naturali.

### **8.1. MODULI FOTOVOLTAICI**

---

Lo stato dell'arte sulle tecnologie disponibili per il settore agrovoltaico 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 20% per quelli in silicio monocristallino. 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 660W e dimensioni (2.384 H x 1.303 L x 35 P) mm, il



modulo individuato è Trina Solar modello Vertex TSM-DEG21C.20 per il quale si evidenzia un'efficienza di conversione pari al 21,2% (@STC).

I moduli fotovoltaici bifacciali permettono di catturare la luce solare da entrambe le superfici del pannello, garantendo così maggiori performance del modulo e, di conseguenza, una produzione nettamente più elevata dell'intero impianto agrovoltaiico. Il termine che indica la capacità della cella fotovoltaica di sfruttare la luce sia frontalmente che posteriormente viene definito, appunto, "bifaccialità": un fenomeno reso possibile, in fisica, dal cosiddetto Fattore di Albedo della superficie su cui i moduli vengono installati, noto anche come "coefficiente di Albedo", si tratta dell'unità di misura che indica la capacità riflettente di un oggetto o di una superficie. Solitamente viene espressa con un valore da 0 a 1, che può variare a seconda dei singoli casi. Ad esempio:

- neve e ghiaccio hanno un alto potere riflettente, quindi un Fattore di Albedo pari a 0,75.
- superfici chiare di edifici (in mattoni o vernici chiare) possono raggiungere anche lo 0,6.
- superfici scure di edifici (in mattoni o vernici scure) vedono un dato più ridotto (attorno allo 0,27).

Maggiore è l'albedo di una superficie, maggiore è la quantità di luce che è in grado di riflettere e di conseguenza anche la produzione di energia dei pannelli fotovoltaici bifacciali potrà essere più o meno elevata.

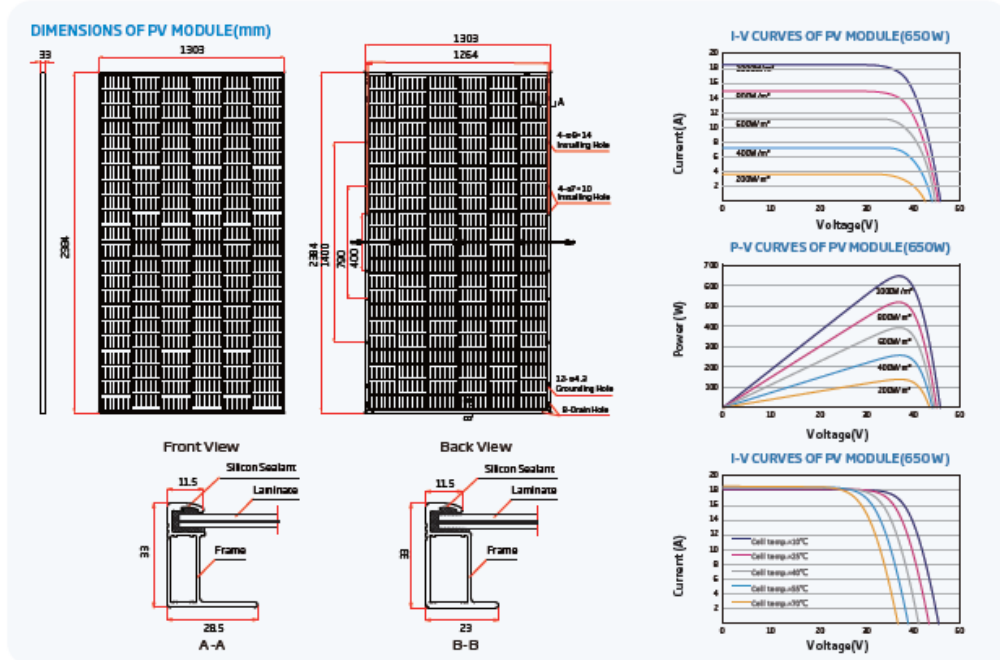
Il valore aggiunto dei moduli fotovoltaici bifacciali riguarda, innanzitutto, le migliori performance lungo l'intera vita utile del sistema, dovute a una maggior produzione e resistenza del pannello. Inoltre, grazie all'elevata efficienza di conversione, il modulo bifacciale è in grado di diminuire i costi BOS (Balance of System), che rappresentano una quota sempre maggiore di quelli totali del sistema (data l'incidenza in costante calo dei costi legati a inverter e moduli).

Riassumendo, i 3 principali vantaggi sono:

1. Prestazioni migliori. Poiché anche il lato posteriore del modulo è in grado di catturare la luce solare, è possibile ottenere un notevole incremento nella produzione di energia lungo tutta la vita del sistema. Ricerche e test sul campo dimostrano che un impianto realizzato con moduli bifacciali può arrivare a produrre fino al 30% in più in condizioni ideali. In realtà, misurazioni in campo su impianti già realizzati con questa tecnologia attestano l'incremento della produzione attorno al 10/15%.
2. Maggior durabilità. Spesso il lato posteriore di un modulo bifacciale è dotato di uno strato di vetro aggiuntivo (modulo vetro-vetro), per consentire alla luce di essere raccolta anche dal retro della cella fotovoltaica. Questo conferisce al modulo caratteristiche di maggior rigidità, fattore che riduce al minimo lo stress meccanico a carico delle celle, dovuto al trasporto e all'installazione o a fattori ambientali esterni (come il carico neve o vento).
3. Riduzione dei costi BOS. La "bifaccialità", incrementando notevolmente l'efficienza del modulo e facendo quindi aumentare la densità di potenza dell'impianto, rende possibile la riduzione dell'area di installazione dell'impianto stesso e, quindi, anche i costi relativi al montaggio e cablaggio del sistema (strutture, cavi, manodopera, etc.).

L'efficienza di un modulo agrovoltaico, 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 agrovoltaico 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.

Di seguito si riportano le principali proprietà valutate dal costruttore in condizioni standard di misura (Standard Test Condition).



**ELECTRICAL DATA (STC)**

Peak Power W/m <sup>2</sup> -P <sub>max</sub> (W/p) <sup>a</sup>	645	650	655	660	665
Power Tolerance P <sub>max</sub> (W)			0 ~ +5		
Maximum Power Voltage-V <sub>mp</sub> (V)	37.5	37.7	37.9	38.1	38.3
Maximum Power Current-I <sub>mp</sub> (A)	17.29	17.27	17.31	17.35	17.30
Open Circuit Voltage-V <sub>oc</sub> (V)	45.3	45.5	45.7	45.9	46.1
Short Circuit Current-I <sub>sc</sub> (A)	18.31	18.35	18.40	18.45	18.50
Module Efficiency η <sub>m</sub> (%)	20.8	20.9	21.1	21.2	21.4

STC: Irradiance 1000W/m<sup>2</sup>, Cell Temperature 25°C, Air Mass 1.5. <sup>a</sup>Measuring tolerance: ±2%.

**Electrical characteristics with different power bin (reference to 10% Irradiance ratio)**

Total Equivalent power-P <sub>max</sub> (W/p)	690	696	701	706	712
Maximum Power Voltage-V <sub>mp</sub> (V)	37.5	37.7	37.9	38.1	38.3
Maximum Power Current-I <sub>mp</sub> (A)	18.44	18.48	18.52	18.56	18.60
Open Circuit Voltage-V <sub>oc</sub> (V)	45.3	45.5	45.7	45.9	46.1
Short Circuit Current-I <sub>sc</sub> (A)	19.59	19.63	19.69	19.74	19.79
Irradiance ratio (rear/front)			10%		

Power tolerance: ±20%.

**ELECTRICAL DATA (NOCT)**

Maximum Power-P <sub>max</sub> (W/p)	488	492	495	499	504
Maximum Power Voltage-V <sub>mp</sub> (V)	34.9	35.1	35.2	35.4	35.6
Maximum Power Current-I <sub>mp</sub> (A)	13.98	14.01	14.05	14.10	14.16
Open Circuit Voltage-V <sub>oc</sub> (V)	42.7	42.9	43.0	43.2	43.4
Short Circuit Current-I <sub>sc</sub> (A)	14.75	14.79	14.83	14.87	14.91

NOCT: Irradiance at 900W/m<sup>2</sup>, Ambient Temperature 20°C, Wind Speed 2m/s.

**MECHANICAL DATA**

Solar Cells	Monocrystalline
No. of cells	132 cells
Module Dimensions	2384×1303×33 mm (93.86×51.30×1.30 inches)
Weight	38.3kg (84.4lb)
Front Glass	2.0 mm (0.08 inches), High Transmittance, All-Corner Heat Strengthened Glass
Encapsulant material	POE/EVA
Back Glass	2.0 mm (0.08 inches), Heat Strengthened Glass (White Grid Glass)
Frame	33mm(1.30 inches) Anodized Aluminum Alloy
J-Box	IP 68 rated
Cables	Photovoltaic Technology Cable 4.0mm <sup>2</sup> (0.006 inches <sup>2</sup> ), Polarize 350/280mm(1.378/11.02 inches) Length can be customized
Connector	MC4EV02 / TS4 <sup>a</sup>

<sup>a</sup>Please refer to registration documents for specified connector.

**TEMPERATURE RATINGS**

NOCT (Nominal Operating Cell Temperature)	43°C (±2°C)
Temperature Coefficient of P <sub>max</sub>	-0.34%/°C
Temperature Coefficient of V <sub>oc</sub>	-0.25%/°C
Temperature Coefficient of I <sub>sc</sub>	0.04%/°C

**MAXIMUM RATINGS**

Operational Temperature	-40 ~ +85°C
Maximum System Voltage	1500V DC (IEC)
	1500V DC (UL)
Max Series Fuse Rating	35A

**WARRANTY**

12 year Product Workmanship Warranty  
 30 year Power Warranty  
 2% first year degradation  
 0.45% Annual Power Attenuation

(Please refer to product warranty for details)

**PACKAGING CONFIGURATION**

Modules per box: 33 pieces  
 Modules per 40' container: 594 pieces



CAUTION: READ SAFETY AND INSTALLATION INSTRUCTIONS BEFORE USING THE PRODUCT.

© 2022 Trina Solar Co., Ltd. All rights reserved. Specifications included in this datasheet are subject to change without notice.

Version number: TSM\_EN\_2022\_A

www.trinasolar.com



## 8.2. SOLAR INVERTER

L'inverter (convertitore statico) rappresenta il cuore di un sistema agrovoltaico ed è l'apparato al quale è demandata la funzione di conversione della corrente continua prodotta dal generatore agrovoltaico in corrente alternata, l'unica in grado di poter essere sfruttata da un eventuale utilizzatore finale oppure essere immessa in rete. Il design di impianto prevede l'utilizzo di string inverter ovvero di unità in grado di gestire potenze in ingresso contenute nell'ordine di alcune centinaia di kilowatt.

Le unità previste sono di una sola tipologia ed hanno una potenza nominale in uscita AC di 300 kW e 6 MPPT per ciascuna unità. L'MPPT, ovvero il 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, il sistema è in grado di spostare il punto di lavoro della macchina sulla curva tensione/corrente in modo da avere sempre le migliori prestazioni possibili.

Avere a disposizione un numero considerevole di MPPT consente di gestire in modo indipendente le stringhe collegate sui diversi ingressi dell'inverter andando a ridurre in modo significativo le perdite di sistema dovuti al mismatch sia tra i moduli e che tra le stringhe.

Lo string inverter gestisce, pertanto, un numero contenuto di stringhe e di moduli; l'eventuale guasto di una delle macchine presenti avrebbe come conseguenza il fuori servizio di una porzione poco significativa se confrontata all'intero generatore agrovoltaico.

Di seguito si riporta una tabella con evidenziato il numero e la taglia degli inverter utilizzati per ciascun impianto e i relativi valori di rapporto DC/AC (potenza ingresso/uscita).

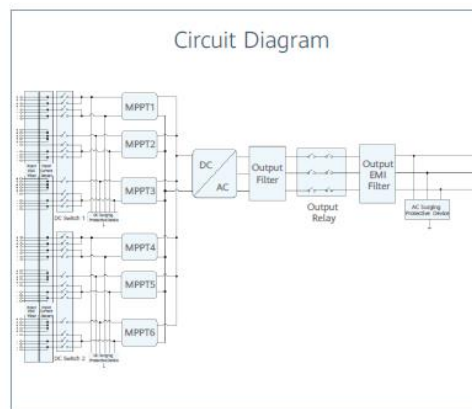
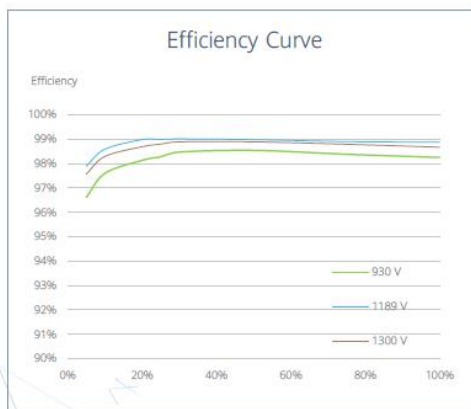
DENOMINAZIONE IMPIANTO	IMPIANTO AGROVOLTAICO PLOAGHE MORES AGR 1
N. INVERTER PREVISTI	194
DC/AC medio %	116,09%

Ciascun inverter sarà posizionato direttamente in campo e collocata in posizione tale da non costituire impedimenti o ombreggiamenti all'impianto, in particolare si prevede la loro installazione fissata sul palo di testa del tracker. Gli inverter previsti per il progetto AGR1 sono di marca Huawei modello SUN2000-330KTL-H1 in grado di supportare gli impianti di nuova generazione operanti a tensioni limiti in corrente continua pari a 1.500 V, di seguito se ne riportano le principali caratteristiche tecniche:

SUN2000-330KTL-H1  
 Smart PV Controller  
 For APAC, LATAM & EUROPE



-   
Max. Efficiency  
≥ 99.0%
-   
Smart Connector-level  
Detection (SCLD)
-   
Smart Self-cleaning  
Fan (SSCF)
-   
IP66  
Protection
-   
MBUS  
Supported
-   
Smart String-level  
Disconnection (SSLD)
-   
Smart IV Curve Diagnosis  
Supported
-   
Surge Arresters for  
DC & AC



SOLAR.HUAWEI.COM

SUN2000-330KTL-H1  
**Technical Specifications**

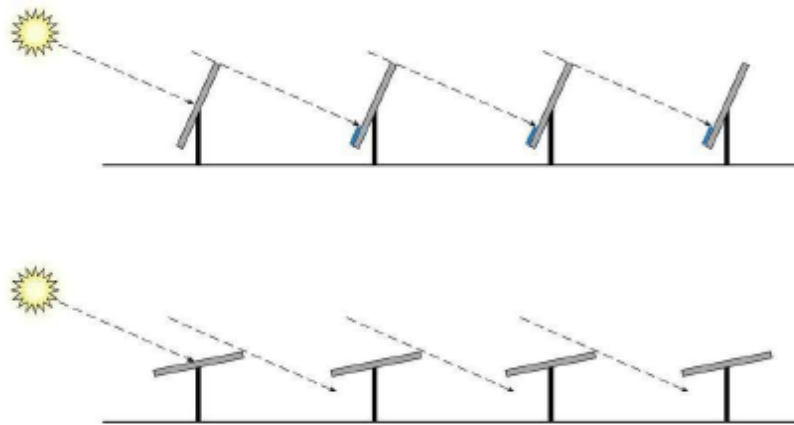
Efficiency	
Max. Efficiency	≥ 99.0%
European Efficiency	≥ 98.8%
Input	
Max. Input Voltage	1,500 V
Number of MPP Trackers	6
Max. Current per MPPT	65 A
Max. Short Circuit Current per MPPT	115 A
Max. PV Inputs per MPPT	4/5/5/4/5/5
Start Voltage	550 V
MPPT Operating Voltage Range	500 V ~ 1,500 V
Nominal Input Voltage	1,080 V
Output	
Nominal AC Active Power	300,000 W
Max. AC Apparent Power	330,000 VA
Max. AC Active Power (cosφ=1)	330,000 W
Nominal Output Voltage	800 V, 3W + PE
Rated AC Grid Frequency	50 Hz / 60 Hz
Nominal Output Current	216.6 A
Max. Output Current	238.2 A
Adjustable Power Factor Range	0.8 LG ... 0.8 LD
Total Harmonic Distortion	THD <sub>1</sub> < 1% (Rated)
Protection	
Smart String-level Disconnection (SSLD)	Yes
Smart Connector-level Detection (SCLD)	Yes
AC Overcurrent Protection	Yes
DC Reverse-polarity Protection	Yes
PV-array String Fault Detection	Yes
DC Surge Arrester	Type II
AC Surge Arrester	Type II
DC Insulation Resistance Detection	Yes
Residual Current Detection Unit	Yes
Communication	
Display	LED Indicators, WLAN + APP
USB	Yes
MBUS	Yes
RS485	Yes
General	
Dimensions (W x H x D)	1,048 x 732 x 395 mm
Weight (with mounting plate)	≤ 112 kg
Operating Temperature Range	-25°C ~ 60°C
Cooling Method	Smart Air Cooling
Max. Operating Altitude without Derating	4,000 m
Relative Humidity	0 ~ 100% (Non-condensing)
DC Connector	HH4SMM4TMSPA / HH4SFM4TMSPA
AC Connector	Support OT / DT Terminal (Max. 400 mm <sup>2</sup> )
Protection Degree	IP 66
Anti-corrosion Protection	C5-Medium
Topology	Transformerless
Standards Compliance	
IEC 62109-1/-2, IEC 62920, IEC 60947-2, EN 50549-2, IEC 61683, etc.	

SOLAR.HUAWEI.COM

### 8.3. STRUTTURE DI FISSAGGIO

Come anticipato, per lo sviluppo dell'impianto AGR1 si farà ricorso a strutture costituite da inseguitori solari (tracker) di tipo monoassiale avente orientamento Nord - Sud e angolo di tilt pari a  $0^\circ$ . In pratica l'asse di rotazione delle strutture sarà parallelo al terreno e i moduli saranno liberi di ruotare attorno ad esso fino ad un'angolazione massima di  $\pm 55^\circ$  in direzione Est-Ovest. I moduli fotovoltaici saranno installati in fila doppia, configurazione 2xP, e si prevede di sfruttare una doppia modularità composta da strutture con due stringhe (2V28 - 56 moduli) e a singola stringa (2V14 - 28 moduli).

Le strutture per impianti fotovoltaici per l'inseguimento solare est-ovest con l'obiettivo di massimizzare l'energia ed efficienza in termini di costi di un impianto agrovoltaiico a terra che impiega pannelli fotovoltaici in silicio cristallino. Questo obiettivo è stato realizzato oltre dieci anni fa, ottenendo un unico prodotto che garantisce i vantaggi di un solare soluzione di tracciamento con installazione e manutenzione semplici come quella degli array fissi a palo guidato. L'inseguitore monoasse orizzontale, tramite dispositivi elettromeccanici, segue il sole tutto il giorno, da Est a Ovest sull'asse di rotazione orizzontale Nord - Sud (inclinazione  $0^\circ$ ). I layout di campo con tracker orizzontali ad asse singolo sono molto flessibile. La semplice geometria significa che mantenere tutti gli assi di rotazione paralleli l'uno all'altro è tutto necessario per posizionare adeguatamente i tracker. Il sistema di backtracking controlla e garantisce che una serie di pannelli non ombreggi altri pannelli adiacenti. Quando l'angolo di elevazione del sole è basso nel cielo, all'inizio o alla fine della giornata, auto-ombreggiatura tra i tracker righe potrebbero potenzialmente ridurre l'output del sistema.



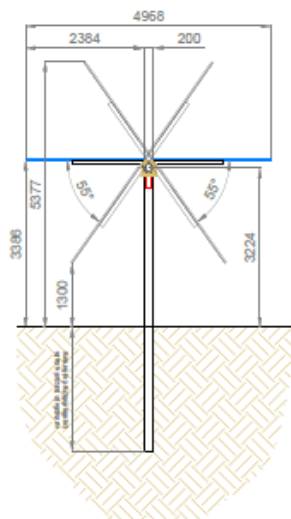
Il backtracking ruota l'apertura della matrice allontanandola dal Sole, eliminando gli effetti deleteri dell'auto-ombreggiatura e massimizzare il rapporto di copertura del suolo. Grazie a questa caratteristica l'interasse tra i vari le stringhe possono essere ridotte. Pertanto, l'intero impianto agrovoltaiico occupa meno terreno rispetto a quelli che utilizzano soluzioni di tracciamento simili. L'assenza di cambiamento stagionale dell'inclinazione, (cioè, il monitoraggio "stagionale") ha scarso effetto sulla produzione di energia e consente molto struttura meccanica più semplice che rende il sistema intrinsecamente affidabile. Questo design semplificato si traduce in maggiore cattura di

energia a un costo simile di una struttura fissa. Con il potenziale miglioramento energetico produzione dal 15% al 35%, l'introduzione di una tecnologia di tracciamento economica ha facilitato lo sviluppo di sistemi fotovoltaici su scala industriale.

Come anticipato, per l'impianto oggetto di richiesta autorizzativa unica, si è optato per un sistema di strutture dotate di inseguitore solare (tracker), i moduli saranno fissati in doppie file su strutture collegate ad un asse di rotazione centrale che ne consentirà una rotazione est-ovest di  $\pm 55^\circ$  rispetto al piano orizzontale.

Vista la natura agrovoltaiica dell'impianto in oggetto, al fine di consentire le regolari attività previste nel piano agronomico, l'asse di rotazione dei moduli, ovvero il tubolare centrale in acciaio, sarà installato ad una quota di circa 3,2 metri sul piano campagna in tal modo l'altezza massima dei moduli, corrispondente ad una inclinazione di  $55^\circ$ , sarà di circa 5,4 metri e quella minima non inferiore a 1,3 m. Il pitch, ovvero l'interdistanza tra i tracker, sarà di 7,45 metri.

La struttura di sostegno e fissaggio moduli fotovoltaici prevede la posa di montanti HEA in acciaio zincato infissi nel terreno, profondità di interrimento variabile e dipendente dalla tipologia del terreno stesso, che andranno a sostenere la trave di rotazione, anch'essa in acciaio zincato, senza la necessità di alcuna fondazione in calcestruzzo, compatibilmente alle caratteristiche geologiche del terreno e alle prove che dovranno essere eseguite per la fase di costruzione dell'impianto (penetrazione e pull out test). Inoltre, le strutture dovranno essere in grado di supportare il peso dei moduli anche in presenza di raffiche di vento di elevata velocità, di neve e altri carichi accidentali. Di seguito le sezioni della struttura in condizioni di riposo (tilt  $0^\circ$ ) e di massima inclinazione (tilt  $55^\circ$ )



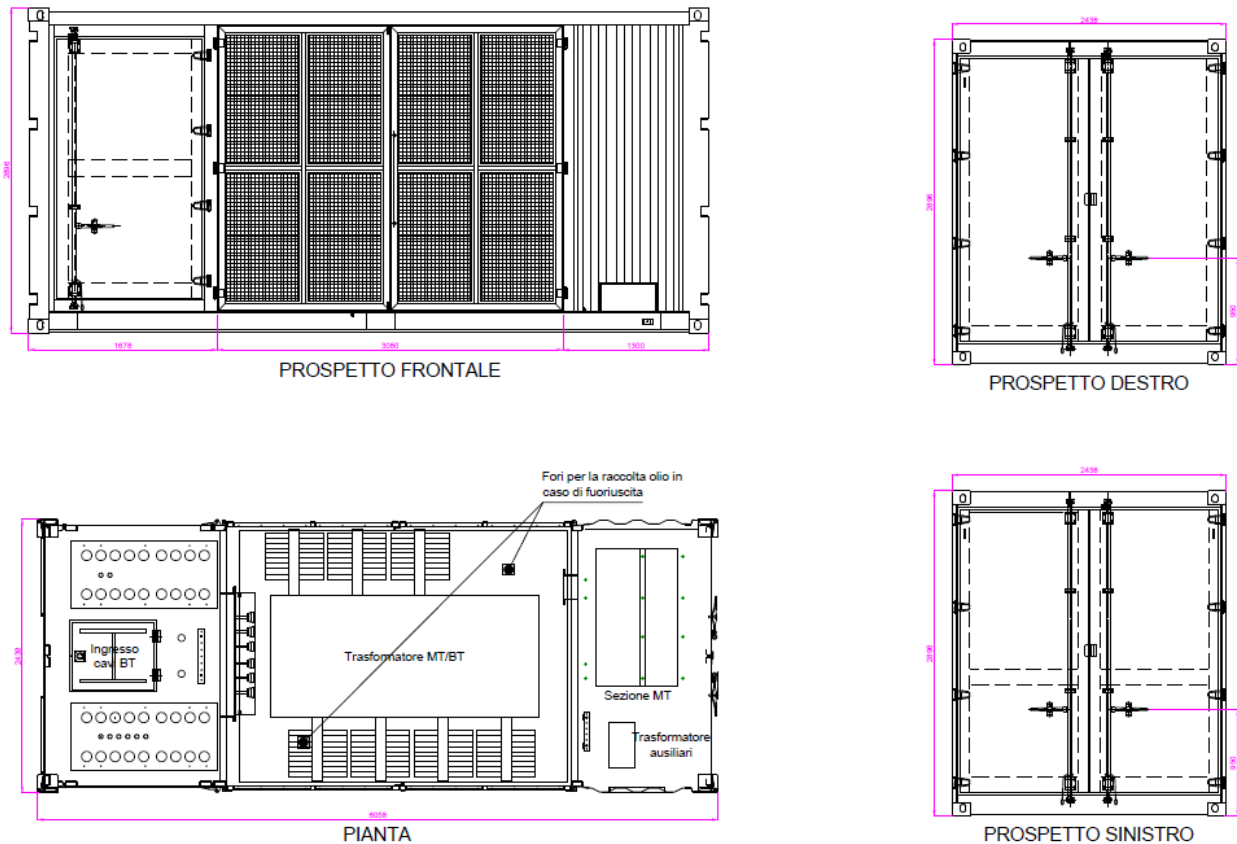
#### **8.4. STAZIONI DI TRASFORMAZIONE E CABINE DI INTERFACCIA**

Come anticipato, all'interno del campo agrovoltaiico saranno installate complessivamente 21 Power Station, 12 nell'area Su Campu e 9 nell'area Altopiano, equipaggiate con tutti i dispositivi necessari per la gestione dell'energia prodotta dall'impianto e per l'elevazione della tensione nominale in uscita



dagli inverter (0,8 kV) al valore nominale di rete 36 kV. Le Power Station saranno in grado di gestire il flusso di correnti sia lato bassa tensione che media tensione e instradare l'energia elettrica prodotta verso la cabina utente di riferimento. Ciascuna Power Station prevede un trasformatore MT/BT in olio ONAN di potenza pari a 3150 kVA.

Le Power Station saranno realizzate in configurazione shelterizzata ed avranno dimensioni indicative 6.058x2.438x2.896 mm. e ognuna di esse andrà a definire un sottocampo. Di seguito si riportano le viste in pianta e prospetto:

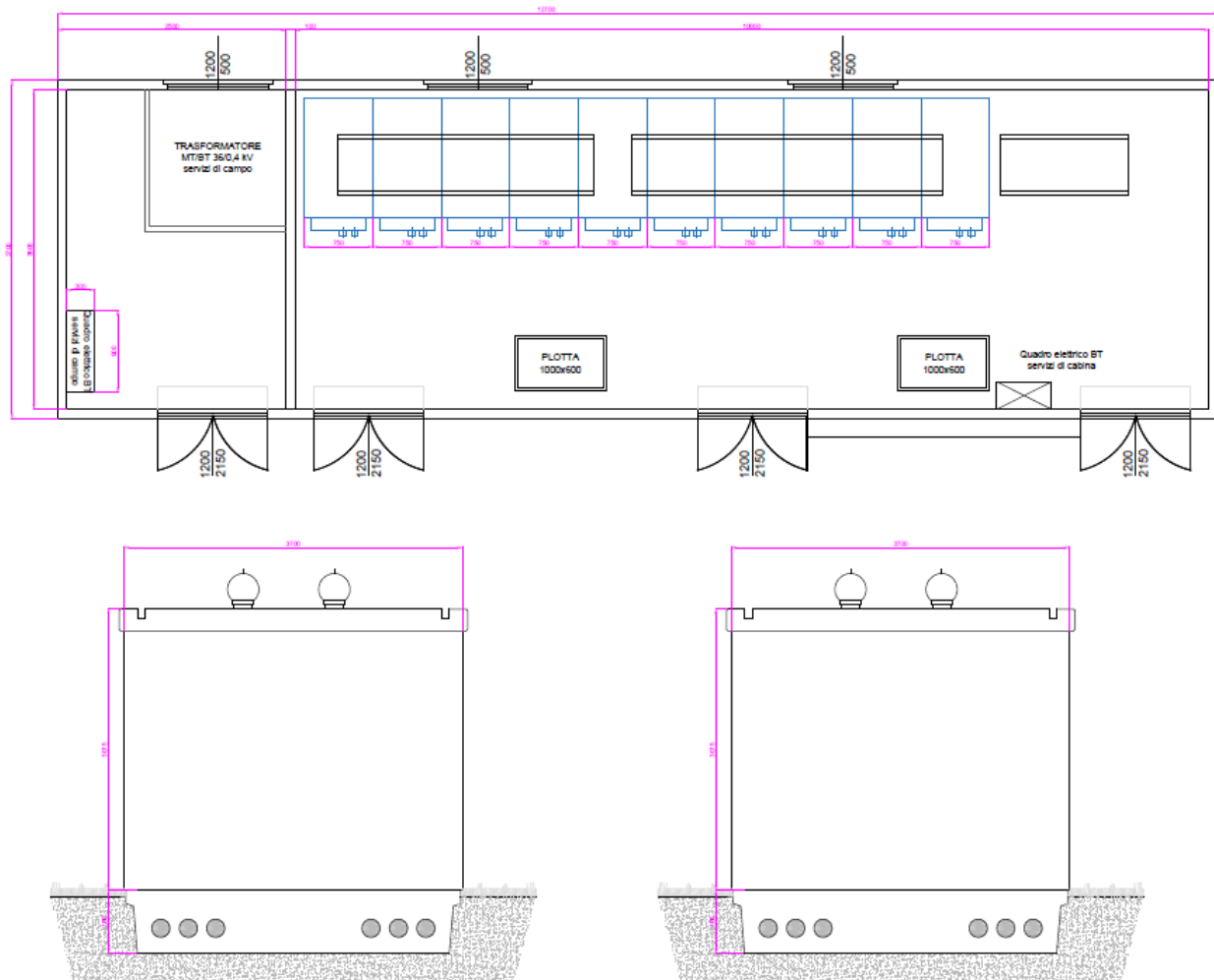


Oltre alle Power Station dislocate in campo sono presenti anche due Cabine Utente che hanno la funzione di "raccolgere" i circuiti provenienti dalle stazioni di trasformazione e farne il parallelo. Pertanto, al loro interno sarà presente principalmente il quadro generale di media tensione dell'impianto oltre che ad altri apparati e al trasformatore MT/BT (100 o 50 kVA) per i servizi ausiliari di campo.

La Cabina Utente installata nell'area Altopiano andrà a gestire esclusivamente le 9 Power Station presenti nell'area e sarà collegata in uscita alla Cabina Utente installata nell'area Su Campu la quale a sua volta gestirà le 12 Power Station di campo e l'eventuale sistema di accumulo. L'uscita dalla Cabina Utente di Su Campu si andrà a collegare al punto di connessione della RTN, pertanto, proprio tale cabina rappresenta l'interfaccia dell'intero impianto rispetto alla rete e al suo interno sarà alloggiato il relè di protezione di interfaccia (SPI) e il relè di protezione generale (SPG) oltre che i

dispositivi di protezione e manovra ad essi associati e previsti dalla normativa tecnica per le connessioni CEI 0-16.

A differenza delle Power Station le Cabine Utente saranno realizzate in calcestruzzo con pannelli componibili ed avranno dimensioni pari a 12700x3700x3075 mm



## 8.5. SISTEMA DI ACCUMULO DELL'ENERGIA ELETTRICA

Per l'impianto oggetto della presente relazione si prevede di predisporre le aree e le apparecchiature interessate ad una futura implementazione dell'impianto agrovoltaico che preveda l'installazione di un sistema di accumulo dell'energia elettrica prodotta dall'impianto stesso. Vista l'architettura di impianto si è ipotizzato un inserimento del sistema di storage in corrente alternata che si andrà a realizzare mediante AC coupling.

All'interno dell'area Su Campu si provvederà a riservare una zona di circa 500 m<sup>2</sup> dove si prevede di concentrare l'installazione di tutti gli apparati dedicati al sistema di accumulo di energia. In

particolare, 8 container batterie e 4 container di trasformazione MT/BT per un totale di circa 16 MWh come capacità di accumulo e circa 12 MW come potenza del sistema. Tutti i container avranno dimensioni di 6.058x2.438x2.896 (totale 12 unità).

## **8. IMPIANTI AUSILIARI E OPERE CIVILI**

---

L'impianto agrovoltaiico in progetto si completano con alcune opere "accessorie" ma fondamentali per il corretto esercizio e manutenzione.

### **8.1. IMPIANTO DI TERRA ED EQUIPOTENZIALE**

---

Si provvederà alla posa diretta interrata di una corda di rame nudo di sezione non inferiore a 25 mmq che andrà a collegare tutte le masse e masse estranee presenti in campo e tutti i componenti dell'impianto che necessitano di questo collegamento, inoltre, 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.

Le corde nude di rame saranno riportate all'interno delle Power Station e delle Cabine Utente dove è presente un collettore di terra al quale sarà attestato anche il dispersore lato MT collegato ad anello e anch'esso realizzato tramite corda di rame nudo.

### **8.2. IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE PERIMETRALE**

---

L'impianto agrovoltaiico sarà corredato di un sistema di illuminazione perimetrale realizzato con corpi illuminanti a led installati su pali di altezza fuori terra pari a 3 metri. 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, inoltre, l'accensione potrebbe essere anche 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 5500lm con grado di protezione adeguato alla posa all'aperto.

### **8.3. IMPIANTO DI VIDEOSORVEGLIANZA**

---

Il sistema di sicurezza sarà realizzato perimetralmente al campo dove saranno posizionate in modo strategico le telecamere al fine di garantire una corretta copertura di tutto il perimetro. Gli

apparati di registrazione e gestione come NVR e switch saranno collocati all'interno della Control Room e tutti gli elementi in campo saranno collegati mediante fibra ottica multimodale.

Oltre al perimetro si prevede di installare anche telecamere tipo dome 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. METEO STATION**

---

La meteo station è un sistema in grado di misurare i parametri ambientali ed inviare informazioni al sistema di supervisione per esseri trattati. Essa è costituita da un anemometro, termometro e piranometro, pertanto, sarà in grado di fornire informazioni in merito a velocità del vento, temperatura ambiente e dei moduli, irraggiamento. Per avere parametri attendibili si potrà provvedere all'installazione di più meteo station in campo.

#### **8.5. SISTEMA DI SUPERVISIONE**

---

La realizzazione degli impianti prevede anche un sistema per il monitoraggio e il controllo da remoto in grado di fornire informazioni, anche grafiche, dell'intero "percorso energetico". Il sistema sarà collegato, ricevendone informazioni, agli apparati principali del sistema agrovoltaiico come:

inverter, stazione meteo, quadri elettrici, etc. I parametri gestiti saranno utilizzati per valutare le prestazioni dell'impianto in termini di produzione di energia stimata e reale e quindi con il calcolo del PR (Performance Ratio). Verrà realizzata un'apposita interfaccia grafica per la gestione dell'impianto.

Oltre ai parametri energetici per la valutazione delle prestazioni, il sistema sarà in grado anche di gestire le immagini provenienti dal sistema di videosorveglianza in tempo reale e la possibilità di visione di quelle registrate, trovando quindi applicazione anche in ambito di sicurezza. Tutti gli apparati interessati dal sistema di supervisione saranno ad essi collegati mediante fibra ottica (multimodale e ridondante) in posa interrata in appositi cavidotti, in corrispondenza degli apparati saranno previsti dei dispositivi transponder per la conversione dei segnali da fibra in rame. Inoltre, per la gestione delle informazioni si prevede l'installazione in campo di diversi cassette ottici in appositi involucri protettivi dagli agenti atmosferici. Gli apparati principali per la gestione del sistema saranno invece collocati all'interno della Control Room.

Il sistema di supervisione e telecontrollo riveste un ruolo di fondamentale importanza nella gestione dell'impianto in quanto, oltre a trovare applicazioni in ambito di sicurezza e di valutazione delle prestazioni, esso rappresenta lo strumento attraverso il quale il distributore di rete (Terna) può agire sull'impianto. Infatti, inviando le direttive al gestore di impianto quest'ultimo può settare i parametri di rete con cui l'impianto si interfaccia alla RTN oppure disconnettere l'impianto in caso di necessità.

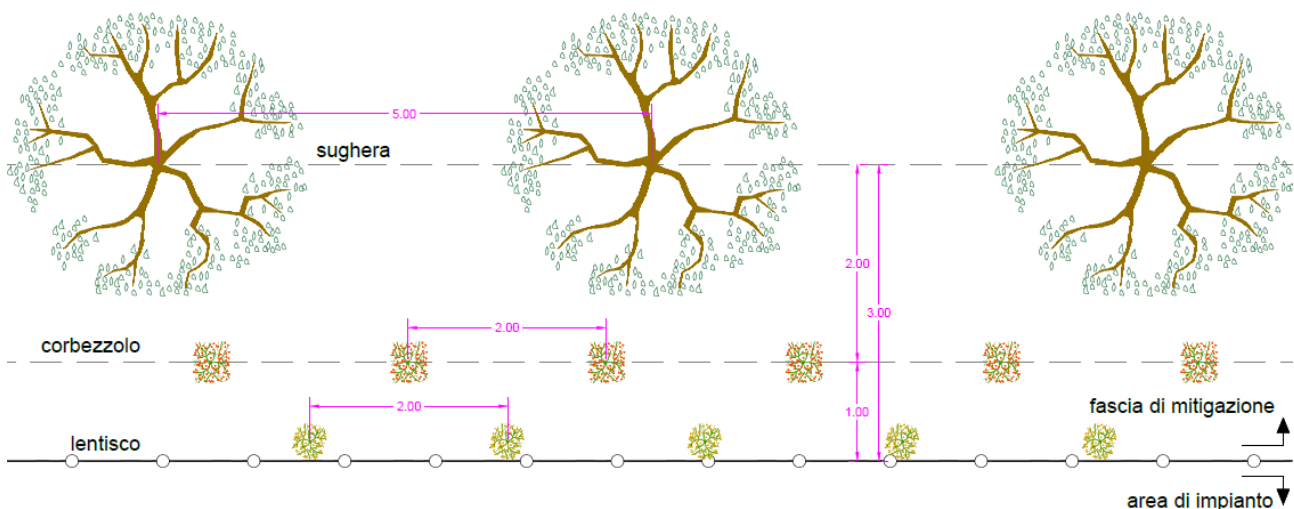
## 8.6. INTERVENTI DI MITIGAZIONE AMBIENTALE

Con la presente si intende descrivere gli interventi che saranno realizzati per migliorare l'inserimento paesaggistico-ambientale delle opere in progetto, la finalità di questi interventi è duplice: da una parte mitigare la percezione visiva dell'impianto in progetto nei confronti di chi percorre le aree contermini, dall'altra migliorare ed ampliare gli elementi della rete ecologica locale esistente, con evidenti benefici nei confronti delle componenti ecologiche vegetazionali e faunistiche. Per la rappresentazione grafica e gli approfondimenti del caso degli interventi in questione, si rimanda ai documenti di progetto specifici.

Come già accennato, esternamente all'impianto agrovoltaico sarà realizzato un sistema di siepi arbustive e arboree, con le finalità sopra esposte. In considerazione dello spazio a disposizione per la fascia di mitigazione, si prevede di realizzare una siepe con specie arbustive (corbezzolo e lentisco) e una fascia con specie arboree (sughera). La siepe sarà costituita da tre file che percorrono tutto il perimetro delle due aree di impianto

La fascia di mitigazione sarà realizzata tutto intorno al perimetro delle aree di campo

SPECIE ARBOREA - SU CAMPUS	PERIMETRO [m]	N. fila	N. totale
Pistacia Lentiscus	4.945	1	2.473
Arbutus Unedo	4.945	2	2.473
Quercus suber	4.945	3	989
SPECIE ARBOREA - ALTOPIANO	PERIMETRO [m]	N. fila	N. totale
Pistacia Lentiscus	3.270	1	1.635
Arbutus Unedo	3.270	2	1.635
Quercus suber	3.270	3	654



## **8.7. RECINZIONE PERIMETRALE**

---

Opera propedeutica alla costruzione di ciascun impianto è la realizzazione di una recinzione perimetrale a protezione del generatore agrovoltaiico e degli apparati dell'impianto. Tale recinzione non presenterà cordoli di fondazione posti alla base, ma si procederà con la sola infissione di pali in acciaio zincato. Le opere di recinzione e mitigazione a verde saranno particolarmente curate. La recinzione verrà arretrata di 3 metri 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 viva per un miglior inserimento paesaggistico dell'impianto. Come sostegni alla recinzione verranno utilizzati pali sagomati in acciaio zincato, che garantiscono una evvata integrazione con l'ambiente circostante. I pali, alti 3 m, verranno conficcati nel terreno per una profondità pari a 60 cm circa. Questi presenteranno giunti di fissaggio laterale della rete sul palo e giunti in metallo per il fissaggio di angoli retti e ottusi. La rete metallica che verrà utilizzata sarà di tipo "a maglia romboidale" e avrà un'altezza di 2 metri sul piano campagna e sarà sormontata da una doppia fila di filo acciaio a completare il tutto per una quota finale di circa 2,5 metri.

## **9. CAVIDOTTO "AGR1 - SSE RTN 36/220 kV"**

---

Con il termine di cavidotto ci si riferisce alla linea elettrica in cavo alla tensione nominale di esercizio di 36 kV (MT) che collega la cabina utente posta al limite fisico del campo agrovoltaiico con il punto di connessione alla Rete di Trasmissione Nazionale ubicato nella Stazione Elettrica (SE) 36/220 kV di prossima realizzazione e appartenente al Gestore di Rete, Terna S.p.A.

Una possibile area per la costruzione della nuova SE è stata individuata a ridosso della cava nel territorio del Comune di Mores (SS) ad una distanza di circa 1 km in linea d'aria dell'area di impianto Su Campu. Tale posizione dovrà essere sottoposta per uno studio di prefattibilità al Gestore di rete che dovrà esprimersi sulla bontà o meno della scelta.

L'elettrodotta sarà realizzato interamente nel sottosuolo, i cavi di media tensione saranno direttamente posati all'interno della trincea scavata ad una profondità di 120 cm. I cavi saranno posati su un letto di sabbia di almeno 10 cm e ricoperto con altri 10 cm dello stesso materiale (fine) a partire dal suo bordo superiore. Il successivo riempimento del cavo sarà effettuato con modalità differenti a seconda del tratto di strada interessata e secondo gli standard realizzativi prescritti dal Distributore di rete. Nel caso si dovrà procedere al taglio della sezione stradale, lo scavo andrà riempito con magrone dosato con 70 kg di calcestruzzo per mc per un'altezza di circa 80 cm. Si procederà quindi con la posa di uno strato di 20 cm di calcestruzzo Rck 250 e con il ripristino del tappetino bituminoso previa fresatura dei fianchi superiori dello scavo, per una larghezza complessiva pari a 3L, essendo L la larghezza dello scavo, così come da prescrizioni della Provincia, settore viabilità. Solo nel caso di attraversamento della sede stradale, e solo per il tratto interessato, i cavi saranno posati all'interno di apposite tubazioni in polietilene doppia parete ad elevata resistenza meccanica (450 o 750 N), questo al fine di garantirne la successiva sfilabilità

senza dover incidere sulla superficie stradale. Dove lo scavo non interesserà la sede stradale, invece, si potrà procedere al riempimento con terreno adeguatamente compattato con mezzi meccanici.

In corrispondenza dei cavi, immediatamente sopra ad una distanza non inferiore a 20 cm, si provvederà alla posa di un nastro monitore che indichi la presenza dell'elettrodotto in caso di manutenzione stradale o di altro tipo di intervento.

Ipotizzando la realizzazione della sottostazione nell'area di terreno individuato, il collegamento MT 36 kV tra il campo agrovoltaiico AGR1 e la SE stessa risulta essere circa 3 km e il tracciato, come di seguito dettagliato dalla foto aerea, sarà totalmente realizzato su terreno ad eccezione degli attraversamenti stradali che saranno eseguiti in TOC. Relativamente alle strade, il cavidotto di media tensione sarà posato in corrispondenza della banchina laterale se presente o comunque di fianco la sede stradale.