

**IMPIANTO AGRIVOLTAICO DENOMINATO "GR LUCERA"
CON POTENZA FOTOVOLTAICA DI 51,22 MWp
ACCUMULO ELETTROCHIMICO DI 14 MW**

REGIONE PUGLIA

PROVINCIA di FOGGIA





COMUNE di LUCERA

OPERE DI CONNESSIONE ALLA RTN NEI COMUNI DI LUCERA E TROIA

PROGETTO DEFINITIVO

Tav.:	Titolo:
R03	Relazione Tecnica Sistema di Accumulo

Scala:	Formato Stampa:	Codice Identificatore Elaborato
n.a.	A4	QAF1CF7_RelazioneTecnicaSdA_03

Progettazione:	Committente:
 Dott. Ing. Fabio CALCARELLA Via B. Ravenna, 14 - 73100 Lecce Mob. +39 340 9243575 fabio.calcarella@gmail.com - fabio.calcarella@ingpec.eu	 GREENERGY RINNOVABILI 9 S.r.l. Gruppo GREENERGY RENEWABLES SA Via Borgonovo, 9 - 20121 - MILANO grr9srl@gmail.com - grr9srl@legalmail.it P. IVA 11892580967 - REA MI-22630177
 	

Data	Motivo della revisione:	Redatto:	Controllato:	Approvato:
Settembre 2023	Prima emissione	FC	FC	GREENERGY s.r.l.

Sommario

1. Area di intervento.....	2
2. Opere da realizzare	4
3. Società Proponente	7
4. Preparazione del sito e area di cantiere.....	7
5. Opere civili	8
5.1. Piazzali e viabilità interna	8
5.2. Platee per posa container.....	8
5.3. Container	10
5.4. Rilevatori di fumo a campionamento d'aria.....	15
5.4.1. Impianto di estinzione con gas inerti (tipo NOVEC 1230 o similari).....	17
5.5. Recinzione perimetrale e cancello	19
5.6. Trincee cavidotti	20
5.6.1. Modalità e tipologia di scavo.....	21
5.6.2. Trincee per posa cavi.....	21
5.6.3. Scavo su terreno vegetale	22
5.6.4. Ripristini.....	22
6. Opere elettromeccaniche.....	22
6.1. Architettura elettrica dell'impianto.....	22
6.2. Batterie	23
6.3. Inverter e Sistema di Conversione dell'Energia (PCS)	25
6.4. Trasformatori AT/BT	26
6.5. Cavi AT	27
6.6. Rete di Terra	27
6.7. Fibra Ottica	29

1. Area di intervento

La presente Relazione Tecnica è riferita ad un progetto di un Sistema di Accumulo dell'energia (**SdA**) accoppiato ad un impianto agrivoltaico di produzione di energia elettrica e delle opere ad esso annessi: cavidotto AT di collegamento all'interno del Sistema di Accumulo, Cabina di Raccolta e cavidotto AT a 36 kV per la connessione alla Rete di Trasmissione Nazionale (realizzando ampliamento della SE TERNA di Troia (FG)).

L'impianto agrivoltaico ad inseguitori mono assiali denominato "GR Lucera" avrà potenza nominale pari a 42.290,00 kVA e potenza installata pari a 51.222,92 kWp, il Sistema di Accumulo ad esso associato, realizzato con batterie agli ioni di litio, avrà potenza scambiata con la RTN di 14MW. L'impianto agrivoltaico e quello di accumulo saranno localizzati su tre aree limitrofe estese complessivamente circa 73,5 ha denominate Campo A, Campo B, Campo C

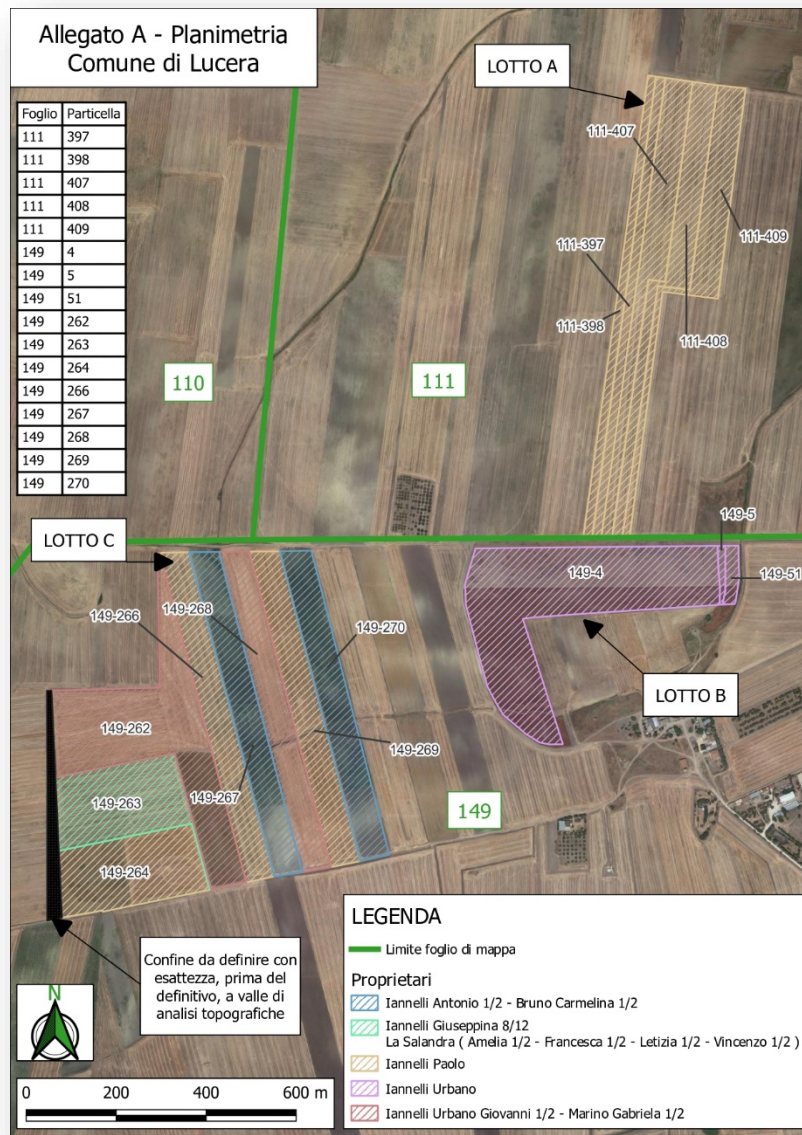
Lotto	Superficie a disposizione	Superficie recintata
Campo A	476.515 mq	440.442 mq
Campo B	115.321 mq	104.915 mq
Campo C	143.838 mq	143.838 mq
TOTALE	735.674 mq	689.195

In particolare, il progetto del Sistema di Accumulo (**SdA**), interessa un'area estesa circa 1.689 metri quadri inclusa all'interno del Campo A.

L'intera area di impianto è sita circa 8,5 km a Sud del Comune di Lucera, 6,7 km a Nord del Comune di Troia e 18,5 km ad Est dalla periferia dell'abitato di Foggia.

Il cavidotto in cavo interrato AT di collegamento alla RTN si svilupperà interamente su strade rurali, comunali e provinciali esistenti.

Gli estremi catastali dell'area disponibile sono: Comune di Lucera, Foglio 111 particelle 397, 398, 407, 408, 409 Foglio 149 particelle 4, 5, 51, 262, 263, 264, 266, 267, 268, 269, 270 per complessivi 735.674 metri quadri. L'impianto di stoccaggio interessa parzialmente le particelle 262 e 266



L'area di progetto

L'area si presenta pressoché pianeggiante, a quota di circa **270 m s.l.m.** e la superficie occupata è di circa 1.689 mq.

Il cavidotto AT di collegamento elettrico con il realizzando ampliamento della SE TERNA di Troia ha una lunghezza pari a circa 12.775 m. e si svolgerà tutto su strade esistenti



Area di progetto su Ortofoto

2. Opere da realizzare

Oggetto del presente documento è la descrizione dei componenti tecnici del Sistema di Accumulo elettrochimico di energia e delle relative opere di connessione alla Rete di Trasmissione Nazionale.

Il Sistema di Accumulo è del tipo a batterie a ioni di litio contenute in container da 30 piedi (9,15 m).

Le batterie di ciascun container hanno capacità di 2752 kWh e tempo di scarica / carica pari a 2 ore.

Il Sistema di Accumulo sarà costituito da **3 MODULI BESS (Battery Energy Storage System)** ciascuno dei quali sarà costituito da:

- 4 container batterie dalla capacità di 2752 kWh
- 1 container contenente il sistema di conversione (da corrente continua a corrente alternata) e di trasformazione a 36 kV. I moduli BESS avranno un inverter da 5.000 kVA per totali 20MVA. Poiché la potenza in immissione è fissata nella STMG in 14 MVA si agirà sulla possibilità di modulare la potenza in uscita degli inverter attraverso la modulazione della tensione di uscita sino ad ottenere la potenza voluta.
- Tutti i gruppi saranno poi dotati di un trasformatore BT/AT 0,9/36 kV in olio da 5.0 MVA con le relative apparecchiature di sezionamento e controllo
- un sistema di controllo detto Power Control System (PCS) in cui sono installate le apparecchiature di protezione e controllo.

La **capacità** totale del Sistema di Accumulo sarà pari a **11.008 kWh**

La **potenza** totale del Sistema di Accumulo sarà quindi pari a **14 MW**, grazie alla limitazione di potenza (modulazione di potenza) imposta dagli inverter opportunamente settati, corrispondente alla potenza massima scambiata (in cessione o assorbimento) con la rete e pertanto coincidente con la potenza di connessione.

Il Sistema di Accumulo è costituito dai seguenti componenti elettromeccanici

- Container con batterie di accumulo
- PCS, Inverter e relativi sistemi di protezione e controllo di funzionamento, trasformatori AT/BT
- Cavo per connessione AT, alla sezione AT a 36 kV sul futuro ampliamento della Stazione Elettrica (SE) a 380/150 kV della RTN denominata "Troia"
- C.U.C dotata di
 - Cella arrivo cavo AT
 - Cella partenza cavo AT
 - Trafo ausiliario 36/04 kV
 - Quadro BT

Opere civili necessarie per la realizzazione dell'impianto sono:

- Piazzale e strade di accesso all'area
- Platee di fondazione container
- Trincee cavidotti

- C.U.C

Altre Opere ausiliari necessarie alla gestione dell'impianto sono condivise con l'impianto di produzione agrivoltaico:

- Impianto di illuminazione piazzale
- Impianto video controllo ed antintrusione

Opere di connessione

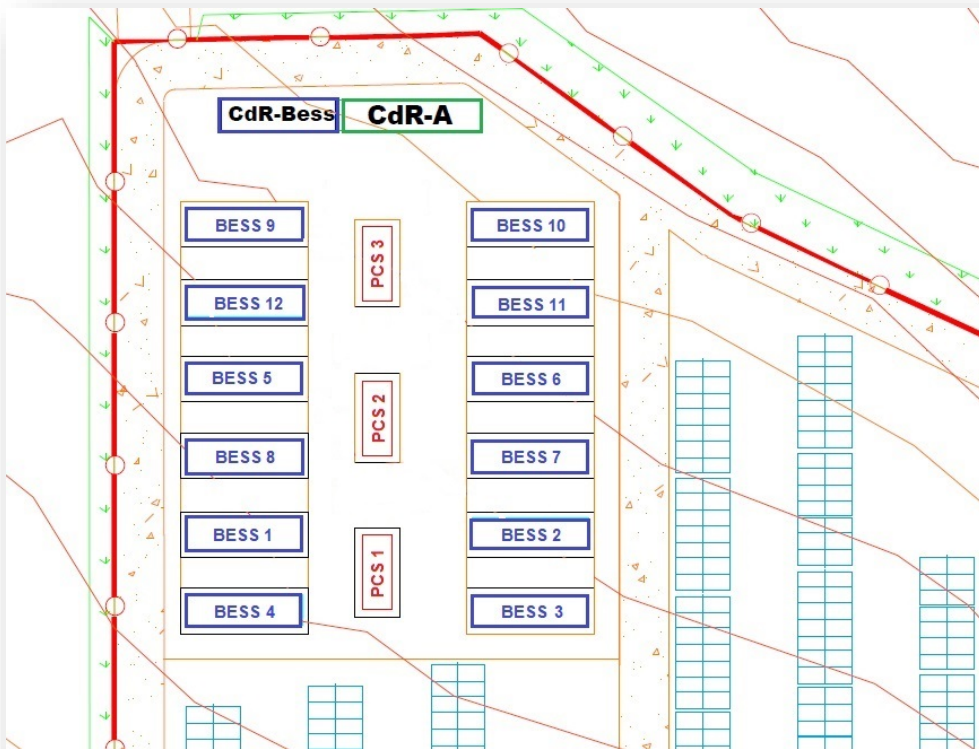
- Cavo AT di connessione sul futuro ampliamento della Stazione Elettrica (SE) a 380/150
- Cabina Utente di Consegna

È previsto che il Sistema di Accumulo venga allacciato alla Rete di Trasmissione Nazionale, con immissione/prelievo dell'energia, alla sezione 36 kV del realizzando ampliamento della Stazione Elettrica TERNA 150/380 kV "Troia". La connessione alla RTN avverrà secondo il seguente schema: I BESS sono 3 raggruppanti in un unico Gruppo. I 3 BESS saranno elettricamente collegati fra loro in serie sul lato AT. Dall'ultimo PCS sarà realizzato un cavidotto di collegamento AT sino Cabina di Raccolta attraverso cavidotto a 36 kV. Dalla CdR partirà una terna di cavi AT a 36 kV sino alla CUC, lungo un percorso di lunghezza pari a circa 12.775 m.

In sintesi, le principali opere da realizzare (e da autorizzare) sono le seguenti:

- 1) Impianto di accumulo con batterie agli ioni di litio installate all'interno di container e relative componenti elettromeccanici (Power Control System, trasformatori, cabine elettriche, cavidotti interrati), nonché le opere civili accessorie (piste, platee di fondazione). L'impianto sarà realizzato su un'area del Foglio 149 di Lucera di superficie pari a circa 1.689 mq.
- 2) Cavidotti di connessione AT a 36 kV tra i MODULI BESS e dal Gruppo di Moduli alla CdR
- 3) Cabina Utente di Connessione
- 4) **due** terne di cavi AT interrate sezione **630** mq di collegamento tra la CDR e la CUC e da questa al realizzando ampliamento della SE TERNA "Troia", quest'ultima esistente.

Di seguito una planimetria con indicazione delle opere da realizzare.



Layout impianto di accumulo

Nei prossimi paragrafi segue la descrizione dei componenti elettromeccanici, delle loro principali caratteristiche tecniche oltre alle menzionate opere civili.

3. Società Proponente

Il soggetto proponente dell'iniziativa è la società Grenergy Rinnovabili 9 srl (anche denominata GRR9) con sede in Via Borgonuovo 9 – 20121 – Milano. La società GRR 9 fa parte del gruppo Grenergy Renovables SA, con sede legale a Madrid e quotata alla borsa di Madrid, che opera in tutto il mondo nel campo delle energie rinnovabili.

4. Preparazione del sito e area di cantiere

L'area di progetto si presenta pressoché pianeggiante a quota di 275 m s.l.m.

Si tratta di terreno a destinazione agricola coltivato a seminativo.

Dopo la preparazione dell'area si procederà con la realizzazione della strada di accesso. L'attigua area di impianto destinata ad accogliere quella parte di impianto agrivoltaico denominata "Campo A" ospiterà i moduli prefabbricati di cantiere. In particolare:

- N. 1 modulo prefabbricato utilizzato come spogliatoio - riposo (dimensioni 5x2,5x2,5 m);

- N. 1 modulo prefabbricato utilizzato come refettorio (dimensioni 5x2,5x2,5 m);
- N. 1 modulo prefabbricato utilizzato come Sala DL – Sala riunioni (dimensioni 4x2,5x2,5 m);
- N. 1 modulo prefabbricato attrezzato con 4 docce, 2 lavabi, 3 WC (dimensioni 6x2,5x2,5 m);
- Pozzo nero
- Turca di cantiere

Nel cantiere è altresì prevista l'installazione di un gruppo elettrogeno da 20 kW, impianto di terra, impianto forza motrice ed impianto di illuminazione.

5. Opere civili

5.1. Piazzali e viabilità interna

Per la realizzazione della viabilità interna si prevede:

- a) scoticamento superficiale per una profondità massima di 20 cm;
- b) posa di strato di base costituito da materiale lapideo proveniente da cave di prestito o scavi di cantiere, per uno spessore di 20 cm – pezzatura 70-100 mm;
- c) posa di uno strato superiore a formare il piano viabile, in misto di cava per uno spessore di 20 cm – pezzatura 0-20 mm.

Qualora ritenuto necessario, in fase esecutiva, si verificherà la necessità di utilizzare un telo di geotessuto ad ulteriore rinforzo del sottofondo, così da evitare cedimenti al passaggio dei mezzi di servizio e crescita di erbe infestanti durante la fase di esercizio dell'impianto. Il geo-tessuto sarà posizionato sul fondo dello scavo di scotico, avendo cura che ci sia una sufficiente sovrapposizione dei teli (almeno di 50 cm), in modo da dare continuità al sub-strato.

5.2. Platee per posa container

I Container batterie e i container PCS saranno posati su una platea in cemento armato di spessore non superiore a 40 cm. Dai calcoli preliminari si desume che il calcestruzzo utilizzato è quello di classe C25/30. L'armatura, in acciaio B450C, è disposta a formare una maglia di lato 20 cm.

Le platee di fondazione eccederanno di 0,1 m su tutti i lati le dimensioni di container e cabine.

La platea, essendo una fondazione superficiale, a fine vita utile è facilmente asportabile consentendo il totale ripristino dell'area interessata.

Nella primavera 2019, è stato adottato il *Decreto legge n. 32/2019 cd. Sblocca Cantieri*, il quale, rimettendo ordine fra interventi e autorizzazioni e chiarendo le competenze del legislatore regionale, ha modificato, fra le altre cose, gli artt. 93 e 94 del d.p.r. 380/2001 ed ha introdotto il l'art. 94 bis: tale provvedimento normativo ha attribuito rilevanza, ai fini delle specifiche tipologie di autorizzazioni

sismiche, non solo al livello di sismicità della zona ove insiste l'intervento, ma anche alla tipologia di intervento stesso. Gli interventi sono stati pertanto classificati in base agli effetti sulla pubblica incolumità, suddividendoli in "rilevanti", "di minore rilevanza" e "privi di rilevanza".

Vengono classificati come «interventi **rilevanti** rispetto alla pubblica incolumità»:

- *gli interventi di adeguamento o miglioramento sismico di costruzioni esistenti nelle località sismiche ad alta sismicità (zona 1 e zona 2);*
- *le nuove costruzioni che si discostino dalle usuali tipologie o che per la loro particolare complessità strutturale richiedano più articolate calcolazioni e verifiche;*
- *gli interventi relativi ad edifici di interesse strategico e alle opere infrastrutturali la cui funzionalità durante gli eventi sismici assume rilievo fondamentale per le finalità di protezione civile, nonché relativi agli edifici e alle opere infrastrutturali che possono assumere rilevanza in relazione alle conseguenze di un loro eventuale collasso.*

Vengono definiti di «**minore rilevanza**»:

- *gli interventi di adeguamento o miglioramento sismico di costruzioni esistenti nelle località sismiche a media sismicità (zona 3);*
- *le riparazioni e gli interventi locali sulle costruzioni esistenti;*
- *le nuove costruzioni che non si discostino dalle usuali tipologie o che per la loro particolare complessità strutturale non richiedano più articolate calcolazioni e verifiche.*

Ricadono nella categoria «**interventi privi di rilevanza**»:

- *gli interventi che, per loro caratteristiche intrinseche e per destinazione d'uso, non costituiscono pericolo per la pubblica incolumità.*

Per l'effetto di tale riforma, solo determinate e più limitate tipologie di interventi, sono rimaste soggette ad autorizzazione sismica, essendo per le altre necessarie il solo deposito del progetto presso il Genio Civile.

Nel caso in esame, per quanto sopra detto e in ottemperanza a quanto stabilito dal Art. 94-bis (ex art.94) "Disciplina degli interventi strutturali in zone sismiche", comma 4 del D.P.R. 380/2001, trattandosi di interventi che "per loro caratteristiche intrinseche e per destinazione d'uso, non costituiscono pericolo per la pubblica incolumità" «**interventi privi di rilevanza**», verrà effettuato il solo deposito del progetto presso il Genio Civile.

5.3. Container

Le batterie unitamente alle rispettive Unità di Protezione sono installate all'interno di n. 12 container da 30 piedi, divisi in 3 Moduli detti BESS, da 4 container ciascuno.

I container sono realizzati in alluminio e acciaio, con strutture conformi alle specifiche dell'Eurocodice, pannelli esterni con profili pressati a freddo saldati fra loro e coperti da un foglio esterno.

Le pareti interne potranno essere realizzate con pannelli sandwich in poliuretano o lana di vetro per assicurare un migliore isolamento.

I container saranno trasportati in sito completi dei componenti interni fatta eccezione per le batterie. Il sistema di condizionamento dei container permetterà di mantenere temperatura ed umidità ideale per il funzionamento di tutte le apparecchiature installate all'interno.

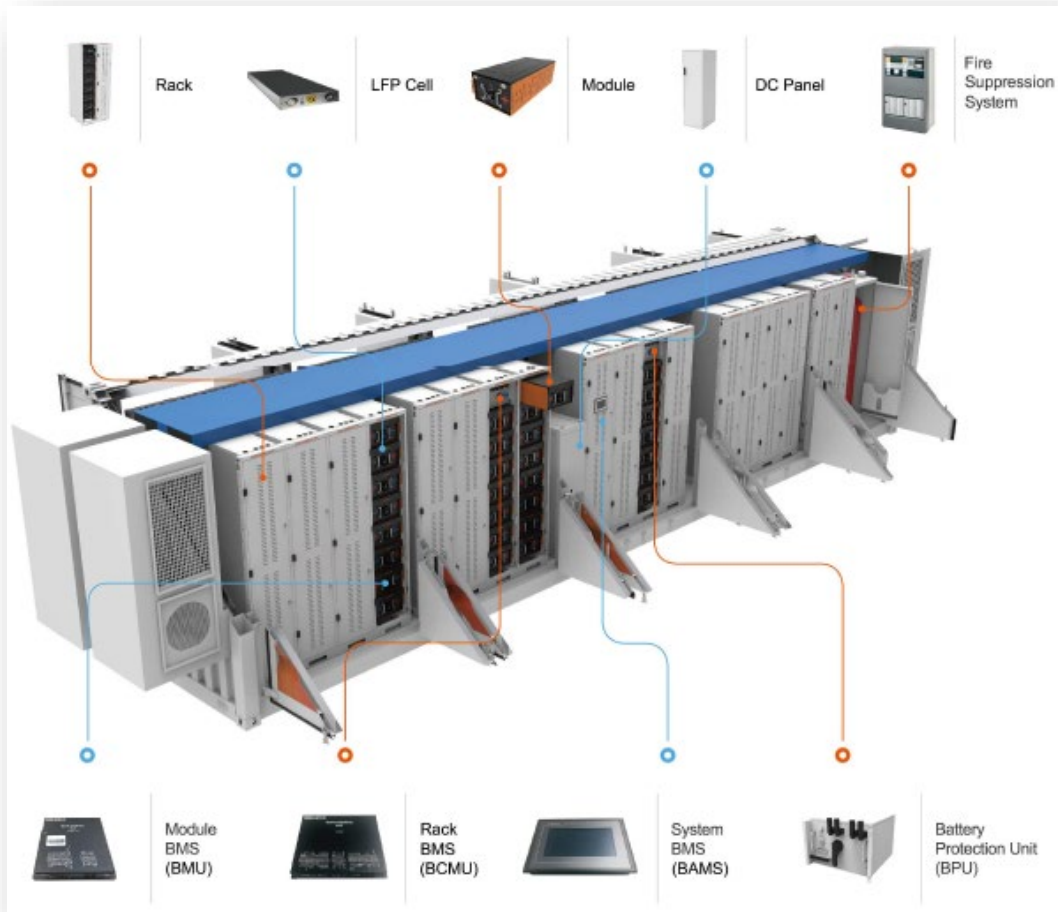
Il sistema di ventilazione sarà progettato in relazione alle condizioni climatiche del sito di installazione.

La temperatura all'interno del container sarà misurata da sensori, posizionati in modo da restituire misure significative (non troppo vicine ai rack batterie né alle bocchette di ventilazione/condizionamento dell'aria).

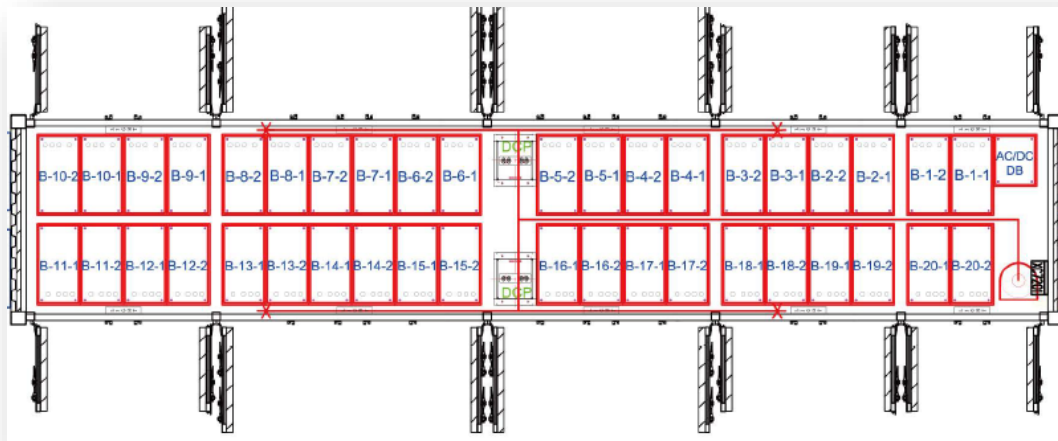
L'accesso al container sarà assicurato da una o più porte con apertura verso l'esterno dotate di maniglione antipanico.

In figura si riporta una tipica geometria interna di un container batterie. **Facciamo notare che la posizione dei gruppi esterni di climatizzazione riportata in figura è puramente indicativa.**

Nella figura più sotto una vista in pianta sempre del container batterie.



Vista di un container batterie (la posizione dei gruppi esterni di climatizzazione è indicativa)



Pianta container batterie



Altri esempi di container per batterie

All'interno di ciascun container saranno installati:

- I quadri con le batterie
- Il sistema di controllo e protezione elettrica
- Il sistema automatico di spegnimento (soppressione) incendi

Del sistema automatico di soppressione incendi diremo specificamente più avanti, prima daremo una breve descrizione delle batterie di accumulo e del sistema di controllo e protezione.

Saranno utilizzate batterie al litio – ferro – fosfato.

Le celle agli ioni di litio sono prismatiche di forma appiattita per migliorare la dissipazione del calore installate all'interno di contenitori in alluminio, materiale di ottima conducibilità termica, che pertanto a sua volta favorisce la dissipazione del calore.



Contentore in alluminio di celle a ioni di litio con tipica forma appiattita

I contenitori delle celle vanno a formare batterie in contenitori modulari adatti per quadri rack.



Batterie modulari



Batterie modulari all'interno di un quadro rack

Ogni quadro rack contiene, 6/7 batterie modulari, e nella parte più alta, un modulo dedicato al Sistema di Protezione e Controllo. delle batterie, con acronimo anglosassone BMS (Battery Monitoring System), esso svolge le seguenti funzioni:

- Controllo delle condizioni di lavoro e funzionamento delle batterie
- Misura dello stato di carica
- Definizione dello stato "di salute" delle batterie
- Controllo di carica
- Gestione termica
- Allarmi e diagnostica guasti
- Protezioni elettriche, in corrente continua di ciascun gruppo di batterie

Inoltre, in uno dei quadri rack (non in tutti) è installato il monitor (anche esso modulare) per la visualizzazione delle informazioni.

All'interno di un container da 30 piedi sono tipicamente installati da 20 a 25 quadri rack.

In ciascun Gruppo di Accumulo, abbiamo un sistema alloggiato in un container da 20 piedi (6.1 metri) denominato PCS (Power Control System) alloggiato insieme all'inverter AC/DC che converte la corrente continua, in arrivo dai 4 container batterie, in corrente alternata prima che l'energia sia trasmessa al trasformatore. Negli stessi container sono contenute le protezioni in corrente alternata sia BT, "prima" del passaggio ai trasformatori in uscita dagli inverter, sia MT o AT dopo il "passaggio" dai trasformatori installati all'esterno dei PCS.



Tipici PCS con inverter e trasformatore e sezionatori

5.4. Rilevatori di fumo a campionamento d'aria

Tutti i container saranno equipaggiati con un sistema di rilevatori di fumo puntiformi fornito in dotazione unitamente al container batterie. Questi sistemi potranno essere poi **integrati** con un impianto **con rilevatori di fumo a campionamento d'aria**, utilizzati per l'identificazione precoce di incendi con formazione di fumo all'interno di locali o impianti.

Il rivelatore di fumo a campionamento d'aria preleva costantemente aria dal locale sorvegliato tramite le apposite bocche di aspirazione di un sistema di tubi collegato. L'aria viene convogliata alla camera di rivelazione e, con l'ausilio del rivelatore incorporato, esaminata per individuare particelle di fumo. La sensibilità del rivelatore è regolabile.

La posizione e la dimensione delle bocche di aspirazione viene calcolata con software proprietario. Il calcolo garantisce che l'aria arrivi dalla bocca di aspirazione al rivelatore nel tempo preimpostato e con la sensibilità determinata sulla base delle esigenze. La presenza di un filtro tra i piccoli tubi di aspirazione e ciascun rivelatore impedisce che polvere o altre impurità presenti nell'aria finiscano all'interno del rivelatore.

I rilevatori aspirano ininterrottamente l'aria da un sistema di tubi attraverso bocche di aspirazione. L'aria viene convogliata ad una camera di rivelazione unica nel suo genere, in cui viene rilevata la presenza anche di minime quantità di fumo tramite luce diffusa.

I rilevatori sono collegati tramite interfaccia USB alla centrale di rivelazione incendio che raccoglie i segnali ed eventuali allarmi provenienti dai rilevatori.



L'immagine riporta un tipico schema di funzionamento di rilevatori di fumo a campionamento d'aria, abbiamo:

Heating plate: le celle a ioni di litio sono contenute in contenitori in alluminio appiattiti. L'alluminio è un materiale che assicura un'ottima conducibilità termica

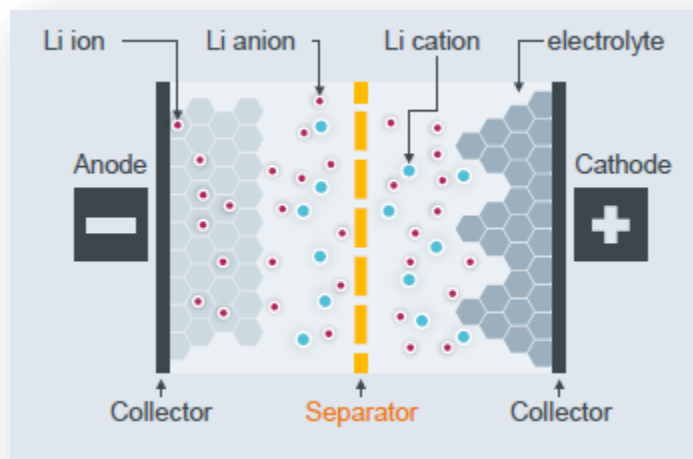
Sampling point: è il punto di aspirazione dell'aria

ASD pipe: è il tubo di aspirazione dell'aria

Filter: è il filtro che elimina polveri ed altre impurità preservando il rilevatore.

Di seguito sarà illustrato il funzionamento del sistema di rilevazione fumo a campionamento d'aria. In una cella elettrochimica a causa di un aumento di temperatura (esterno) si possono creare delle condizioni che determinano un ulteriore aumento di temperatura per cui si genera uno scostamento dalle condizioni di equilibrio del sistema. Questo fenomeno definito *thermal runaway* è un caso di *feed back* positivo che ovviamente può essere causa di innesco di incendio, se il riscaldamento non è fermato in tempo.

Per le batterie a ioni di litio, abbiamo che gli ioni conduttori sono un tipico elettrolita infiammabile e d'altra parte il separatore interno assicura la separazione elettrica tra anodo e catodo.



In caso di corto circuito (il separatore tra catodo e anodo viene a mancare) si può generare un *thermal runaway*, ovvero un aumento a catena della temperatura

Gli obiettivi a questo punto sono tre:

1. Batterie, moduli batterie e celle devono essere protetti contro incendi esterni, provocati per esempio da altri componenti elettrici
2. La propagazione di *thermal run away* deve essere evitata a celle o moduli di batterie limitrofi
3. Deve essere evitato l'innesco di un incendio secondario

È evidente quindi che la propagazione di *thermal run aways* deve essere evitata tra moduli batterie limitrofe e quindi bisogna individuare immediatamente le fonti di innesco.

A tal proposito la perdita di elettrolita è un ottimo indicatore di surriscaldamento di una cella di batteria.

Pertanto, campioni di aria sono prelevati dall'interno di ciascuno dei quadri rack in cui sono contenute le batterie e tramite tubicini portati al rilevatore che valuta costantemente l'eventuale presenza di fumo o di elettrolita con un sistema ottico.

I rivelatori aspirano ininterrottamente l'aria da un sistema di tubi attraverso bocche di aspirazione. L'aria viene convogliata ad una camera di rivelazione, in cui viene rilevata la presenza anche di minime quantità di fumo tramite luce diffusa

La sensibilità del rivelatore è regolabile, mentre la posizione e la dimensione delle bocche di aspirazione viene calcolata al momento della messa in esercizio.

L'efficienza del sistema di rilevazione è migliorata dalla presenza del sistema di condizionamento d'aria all'interno di ciascun container che mantiene la temperatura bassa anche nei mesi estivi e rende più efficiente il funzionamento dei rivelatori evitando non falsi allarmi dovuti all'aumento di temperatura nei container, ma anche che un eccessivo aumento di temperatura possa essere esso stesso motivo di innesco di *thermal runaways*.

È poi ovvio che tutte le informazioni provenienti dai rivelatori (ed in particolari gli allarmi) sono teletrasmesse al centro di controllo che costantemente h 24, monitora con addetti il funzionamento dell'intero impianto di accumulo.

5.4.1. Impianto di estinzione con gas inerti (tipo NOVEC 1230 o similari)

È evidente che la rilevazione precoce di un innesco di incendio è molto importante ma è anche importante che in caso di incendio questo possa essere estinto nel più breve tempo possibile.

A tal proposito ciascun container batterie è equipaggiato dal suo produttore con un impianto di spegnimento automatico con gas estinguente pulito, atossico e non inquinante, ad alta pressione.

L'impianto potrà utilizzare come agente estinguente il gas NOVEC 1230 (FK-5-1-12, CF₃CF₂C(O)CF(CF₃)₂) prodotto in esclusiva mondiale da 3M o altri gas inerti. Tali gas oltre ad avere potere estinguente offrono una protezione affidabile di persone ed ambienti. Il NOVEC 1230, in particolare:

- Ha un tempo di eliminazione dell'ozono (ODP) pari a 0;
- Ha un tempo di permanenza in atmosfera (ALT) da 3 a 5 giorni
- Ha un coefficiente di riscaldamento globale (GWP) pari a 1
- Non è tossico e quindi provoca danni alla salute delle persone
- Non è infiammabile e non è esplosivo, non esistono pertanto restrizioni alla movimentazione
- Non è corrosivo e non è conduttivo elettricamente e quindi non provoca danni alle apparecchiature sensibili.

L'agente estinguente NOVEC 1230 è approvato per l'uso:

- INCENDI DI CLASSE A: legno, stoffa, carta, gomma, ecc.
- INCENDI DI CLASSE B: liquidi infiammabili, olii, lubrificanti, vernici, ecc.
- INCENDI DI CLASSE C: apparecchiature elettriche sotto tensione.

L'effetto estinguente del fluido NOVEC 1230 o di altri gas inerti simili è quella di inibire le reazioni di ossidazione che si generano tra il combustibile e l'ossigeno, inoltre la fiamma viene raffreddata grazie all'assorbimento di calore.

Gas tipo NOVEC 1230 hanno prestazioni notevoli oltre che per l'esiguo impatto ambientale che è di entità bassissima, anche e soprattutto per la capacità di spegnere gli incendi molto rapidamente e di essere assolutamente non nocivi nei confronti delle persone eventualmente coinvolte nella fase di spegnimento.

L'utilizzo di estinguenti gassosi impone una buona tenuta del locale in cui viene emesso, in modo che durante e dopo la scarica non si verifichino fuoriuscite di prodotto con conseguente immissioni di ossigeno. Nel caso specifico la tenuta come tutto il sistema di estinzione incendi sarà assicurata dal produttore del container batterie.

La concentrazione minima di progetto del Fluido NOVEC 1230 secondo la UNI-EN 15004-2 è 5.6 % in volume per rischi elettronici, ovvero 95% del valore di n-eptano secondo la UNI-EN 15004.

Il NOVEC 1230 è approvato dall'EPA Americana (Environmental Protection Agency), le omologazioni in Europa sono in corso. Esistono in commercio altri gas inerti con proprietà estinguenti certificati dagli enti internazionali che potranno essere utilizzati nel progetto in esame come alternativi al NOVEC 1230, che come detto è un prodotto commerciale specifico.

Sistema di erogazione

All'interno dei locali da proteggere saranno installati, in numero adeguato, ugelli d'erogazione che consentono la rapida ed uniforme distribuzione dell'agente estinguente.

Il dimensionamento degli ugelli e delle tubazioni di collegamento è realizzato con calcolo computerizzato, secondo lo standard EUROPEO - VdS, e/o a richiesta conformemente agli standard UL 2166, o entrambi. Il calcolo è effettuato dal fornitore dell'intero sistema (container batterie).

Ad ogni modo il numero di ugelli dovrà consentire la scarica di NOVEC 1230 nel locale protetto (container), in un tempo massimo di 10 secondi, come prescritto dalle norme. Il calcolo verrà redatto dal fornitore del container e delle batterie ed ovviamente sarà tale da assicurare una efficace capacità estinguente.

Tubazioni e raccordi

Il collegamento tra le bombole e gli ugelli sarà realizzato con tubazioni in acciaio zincato senza saldatura secondo le norme ANSI B 36.10 e API 5L grado B, schedula 40 o equivalente. La raccorderia sarà in acciaio ASA (ANSI) 3000 filettata NPT zincata. Gli staffaggi saranno di tipo adeguato alle sollecitazioni dinamiche del sistema.

Bombole

Le bombole fornite saranno marcate pi-greco in accordo con la Dir. 2010/35/CE (TPED), in materia di attrezzature in pressione trasportabili, accompagnata dalla copia del certificato cumulativo, relativo al lotto di produzione delle bombole fornite.

Tutti gli altri componenti del sistema riporteranno la marcatura CE secondo la norma europea EN 12094 (CPR). Le bombole saranno collocate all'interno dello stesso container in ambiente areato

Attivazione del sistema

Il sistema di spegnimento sarà provvisto di tre diversi sistemi di attivazione:

- Attivazione automatica tramite il sistema di rilevazione incendi e l'unità di comando scarica, certificata EN 12094-1, attiva il solenoide 24 Vcc posizionato sulla bombola pilota che a sua volta attiva le bombole pilotate.
- Attivazione automatica da remoto: dalla Centrale di Tele Controllo si potrà intervenire sulla stessa unità di comando scarica, che attiva il solenoide 24 V posizionato sulla bombola pilota che a sua volta attiva le bombole pilotate.
- Attivazione elettro/manuale permette ad un operatore di intervenire direttamente, se necessario, attivando la sequenza di spegnimento sopra descritta, agendo sul pulsante di scarica o direttamente sulla centrale di controllo, tramite l'apposito pulsante. Attivazione manuale meccanica direttamente sulla valvola di scarica della bombola pilota.

5.5. Recinzione perimetrale e cancello

L'area del Sistema di Accumulo non avrà una propria recinzione essendo già protetto dalla recinzione che delimita il Campo A dell'impianto agrivoltaico recintato con pannelli di rete metallica con maglia 50x250 mm, di lunghezza pari a 2 m ed altezza di 2,5 m.



Tipologico di pannello per recinzione perimetrale

L'impianto sarà dotato di cancello a doppia anta carrabile ~~scorrevole~~ condiviso con l'impianto agrivoltaico per l'accesso al Campo A e all'area di stoccaggio. ~~Il cancello a doppia anta sarà predisposto per la motorizzazione e sarà realizzata una trave di fondazione in c.a. in cui sarà infisso il binario di scorrimento del cancello stesso~~

5.6. Trincee cavidotti

Per il passaggio dei cavi di potenza e segnale all'interno dell'impianto saranno realizzate trincee a cielo aperto aventi larghezza variabile in relazione al numero di cavi in essa contenuti, e profondità pari a 0,8 m nel caso di linee di Bassa Tensione, 1,0 m nel caso di linee di Alta Tensione, 1,2 m per le linee in cavo AT.

In alternativa all'interno dei Gruppi di Accumulo si potrà far uso di cunicoli prefabbricati passacavi, il che renderà più facile le operazioni di posa e di manutenzione straordinaria in caso di sostituzione di cavi.

Il cavidotto di collegamento (di lunghezza totale di circa 280 m) tra i *Gruppi di Moduli BESS* e il locale Cabina di Raccolta CdR BESS sarà posato in trincea a cielo aperto nell'ambito della stessa area di impianto.

Come detto i 3 Moduli BESS saranno collegati in serie. In uscita dall'ultimo PCS della serie il cavo AT dopo un breve percorso si atterrerà nel quadro AT nel locale CdR BESS

Il cavidotto sarà costituito da una terna di cavi AT in alluminio di sezione variabile del tipo AirBag, quindi dotati di fabbrica di doppia guaina e quindi di protezione meccanica contro lo schiacciamento, che ne permetterà la posa diretta senza che siano “inseriti” in tubazioni. Le trincee avranno profondità di 1,5 m e larghezza di 0,5 m, il fondo dello scavo sarà piatto e privo di asperità. Al di sopra dei cavidotti ad almeno 0,2 m dall’estradosso del cavo, sarà collocato il nastro monitore di colore rosso, lungo tutto lo sviluppo longitudinale, recante la scritta CAVI ELETTRICI. Il rinterro dello scavo, avverrà con materiale di risulta proveniente dallo stesso scavo, momentaneamente accantonato, compattato a strati di 30 cm circa ed eventualmente irrorato. In particolare nei primi 30 cm di rinterro il materiale sarà opportunamente vagliato, ovvero reso privo di pietre di grosse dimensioni.

5.6.1. Modalità e tipologia di scavo

Gli scavi saranno realizzati con l’ausilio di idonei mezzi meccanici:

- 1) escavatori per gli scavi a sezione obbligata e a sezione ampia
- 2) pale meccaniche per scoticamento superficiale
- 3) trencher a disco o ancora escavatori per gli scavi a sezione ristretta (trincee)
- 4) macchine perforatrici per la trivellazione orizzontale controllata

Dagli scavi è previsto il rinvenimento di materiale roccioso di riporto costipato, con terreno vegetale nello strato superiore che si stima essere di 0,3 m circa.

5.6.2. Trincee per posa cavi

È prevista la realizzazione di trincee per la posa dei cavi aventi larghezza di 50 cm e profondità di 1,0 m per i cavi BT e larghezza 50 cm, profondità 1,5 m per cavi AT. Lo scavo sarà realizzato con mezzi meccanici (escavatori), o trencher a disco.

Posa cavi AT

La profondità di posa è pari a 1,5 m, i cavi sono annegati nel calcestruzzo magro, al di sopra del quale sarà posata una piastra in c.a.v. Il calcestruzzo è utilizzato con il doppio scopo di offrire la necessaria protezione meccanica al cavo e di evitare contatti accidentali con il cavo in tensione qualora si effettuino altri scavi in prossimità del percorso di posa del cavo AT.

Per quanto attiene la gestione del materiale proveniente dagli scavi degli strati più superficiali, questa dipende dal terreno su cui viene effettuato lo scavo, ovvero:

- terreno vegetale;
- piazzale asfaltato.

5.6.3. Scavo su terreno vegetale

Nel caso di terreno vegetale questo viene momentaneamente separato dal resto del materiale scavato, accantonato nei pressi dello scavo e riutilizzato per il rinterro nella parte finale, allo scopo di ristabilire le condizioni ex ante. Anche il restante materiale rinvenente dagli scavi sarà, depositato momentaneamente a bordo scavo ma comunque tenuto separato dal terreno vegetale. È possibile qualora non ci siano gli spazi o le condizioni di sicurezza che il deposito momentaneo avvenga in altre aree, ma sempre nell'ambito del cantiere, ed in ogni caso il materiale sarà riutilizzato per il rinterro delle trincee di cavidotto.

5.6.4. Ripristini

Ripristini su terreno vegetale

Durante lo scavo su terreno vegetale si avrà l'accortezza in fase di scavo di separare il terreno vegetale (strato superficiale, di spessore variabile), dal resto del materiale rinvenente dagli scavi (rocce calcarenitiche). In fase di rinterro si avrà cura di utilizzare materiale vagliato rinvenente dagli stessi scavi esente da pietre di grosse dimensioni per gli strati più profondi intorno ai cavi, utilizzando se necessario dei setacci. Il terreno vegetale sarà invece utilizzato nel rinterro degli strati superficiali stendendolo in modo tale da non alterare la morfologia superficiale del terreno stesso.

6. Opere elettromeccaniche

6.1. Architettura elettrica dell'impianto

Il Sistema di Accumulo è stato progettato facendo riferimento ad un prodotto commerciale, costituito da container di batterie a ioni di litio fornite in container direttamente in campo, con capacità di 2.752 kWh e tempo di scarica / carica di 2 ore.

Il Sistema sarà quindi costituito da **Moduli BESS, 3 in totale**, ciascuno Modulo a sua volta composto da:

- 4 containers batterie da 2.752 kWh ciascuno;
- 1 PCS
- 1 Inverter da 5.0 MVA;
- 1 trasformatore 5.0 MVA

La potenza totale del Sistema di Accumulo, sarà quindi pari a 15 MW ma, come detto in precedenza, agendo sulla modularità della tensione di uscita degli inverter, la potenza in uscita sarà limitata a 14 MW come previsto nella STMG

Da un punto di vista elettrico, il Sistema sarà suddiviso in *3 Moduli BESS* collegati elettricamente tra loro in serie lato AT:

Avremo nel complesso:

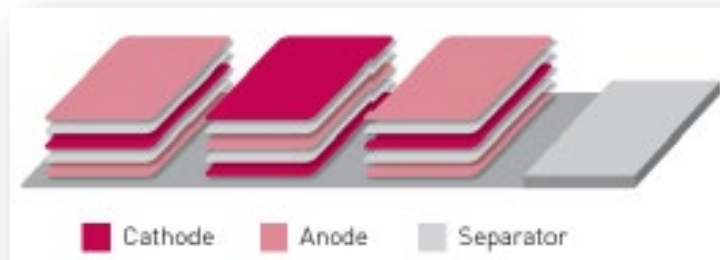
- 12 containers prefabbricati contenenti le batterie al litio da 30' aventi dimensioni pari a: **9,125 x 2.5 x 2,90 (L x p x H)**;
- 3 containers contenenti il sistema di gestione e controllo PCS, il sistema di conversione dell'energia da c.c. a c.a. dotati di Inverter da 5.0 MVA. Inoltre tutti i container saranno dotati di trasformatori AT/BT da 5.0 MVA ciascuno. Questi container avranno dimensioni pari a: **6,10 x 2.5 x 2,90 (L x p x H)**;

6.2. Batterie

Per il progetto il Sistema di Accumulo, è costituito da un impianto di accumulo elettrochimico realizzato con batterie a ioni di litio, con catodo in Litio Ferro Fosfato (batterie LFP).

Le batterie a ioni di litio sono affidabili assicurano un elevato numero di carica/ scarica, hanno una buona capacità energetica.

Le batterie sono ottenute da piccole piastre di anodi e catodi impilati separati da un materiale poroso per evitare cortocircuiti, mentre i due poli sono a diretto contatto.



I moduli, l'elemento costitutivo di base delle batterie, sono formati configurando le celle agli ioni di litio in serie e in parallelo per formare un modulo montabile su rack. Più gruppi di moduli vengono quindi combinati in un rack.



Cella di una batteria

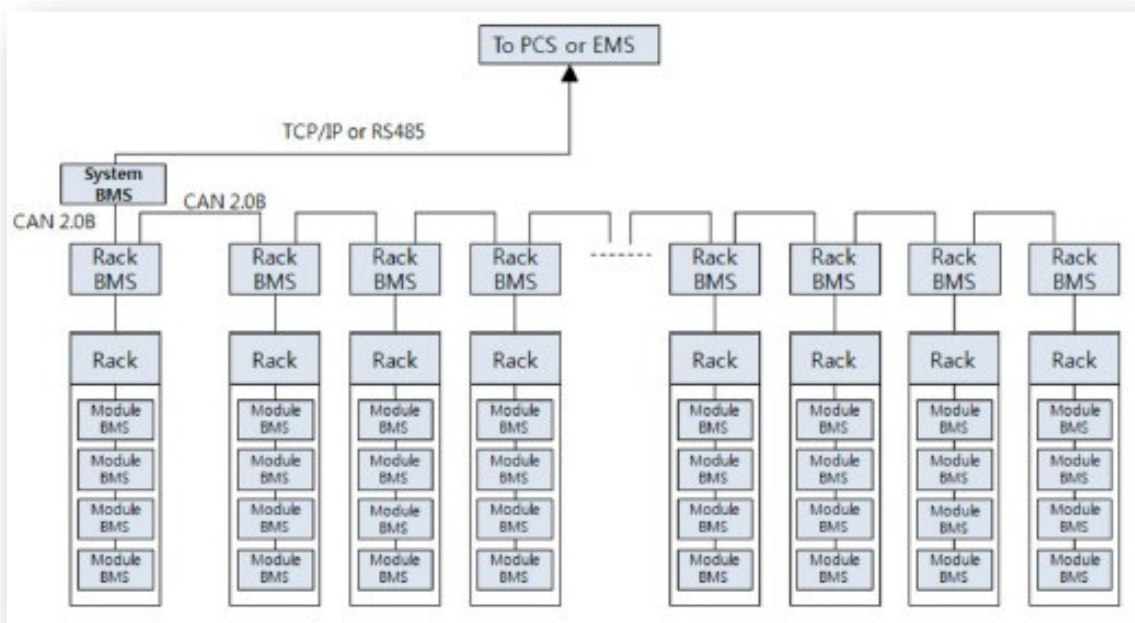


Modulo batteria da montare su rack

I moduli di batterie sono a loro volta montati in serie per formare un rack di batterie di accumulo.

Ciascun rack contiene una Unità di Protezione delle Batterie. I rack sono a loro volta collegati in serie e terminano nell'Unità di Protezione delle Batterie in cui è installato un sezionatore con fusibile che limita la corrente e assicura l'isolamento tra il sistema di batterie e il PCS (*Power Converter System*).

I parametri caratteristici, lo stato di carica e di salute della batteria saranno monitorati in continuo da un sistema di monitoraggio della batteria (*Battery Management System, BMS*), installato su ciascuna batteria e uno per ogni rack.





Unità di Protezione Batterie

6.3. Inverter e Sistema di Conversione dell'Energia (PCS)

Il Sistema di Conversione dell'Energia (*Power Converter System – PCS*) è essenzialmente costituito da un *Inverter* per la trasformazione della corrente da continua ad alternata. Ad esso saranno collegati i *trasformatori* elevatori per portare la tensione in uscita dall'inverter in Bassa Tensione, tipicamente da 600-1500 V, alla tensione di rete in Alta Tensione a 36 kV.

Completano il PCS le apparecchiature di protezione elettrica in BT e AT e le apparecchiature di controllo di funzionamento del sistema. Quest'ultimo sarà coordinato e collegato con il sistema di controllo delle batterie.

Tipicamente le protezioni BT sono integrate nell'inverter, mentre le protezioni AT sono installate in apposito quadro.

Nel caso in esame è prevista l'installazione di 3 PCS, ciascuno con all'interno 1 inverter di potenza pari a 5.000 kVA ed un trasformatore BT/AT in olio ad esso collegato, con potenza pari a 5,0 MW ciascuno con relativo quadro protezioni.

Tutte le apparecchiature del PCS potranno essere installate all'interno di un container da 20 ft, nella figura sotto un tipico esempio di PCS.



La tensione in uscita (lato alternata AC) varia a seconda dello specifico modello di inverter utilizzato, tipicamente varia da 0,69 a 1,1 kV. Nei calcoli elettrici del presente Progetto Definitivo è stata considerata una tensione lato alternata degli inverter pari a 0,9 kV.

È previsto un sistema di ventilazione meccanica e un sistema di condizionamento dell'ambiente (container o cabina) per ottenere condizioni climatiche interne ottimali per il funzionamento di tutte le apparecchiature. Queste utenze come tutte le utenze ausiliare saranno alimentate da trasformatori Servizi Ausiliari (SA) da 100 kVA, installato in CdR BESS.

I container saranno posati su una platea in cemento armato di spessore non superiore a 40 cm. La platea, essendo una fondazione superficiale, a fine vita utile è facilmente asportabile consentendo il totale ripristino dell'area interessata.

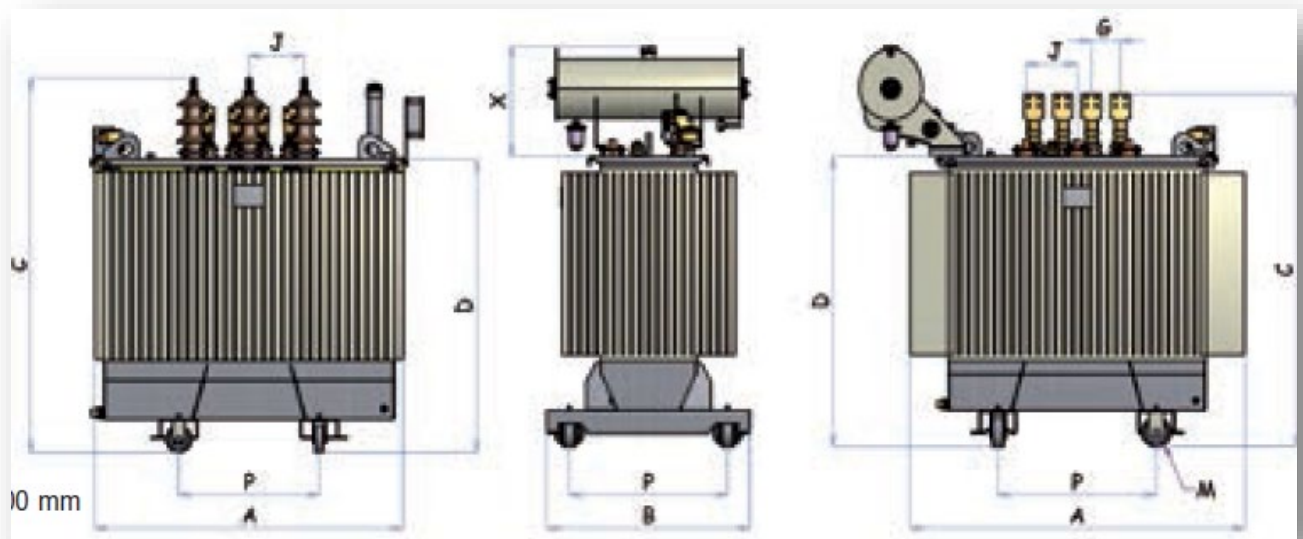
6.4. Trasformatori AT/BT

L'energia in uscita dall'inverter sarà convogliata ad un trasformatore con tensione del secondario di 36kV. La tensione del primario dipenderà invece dalla tensione di uscita dall'inverter, che, come detto, varia da 0,69 a 1,1 kV.

Il trasformatore sarà in olio ed avrà le seguenti principali caratteristiche tecniche.

- Potenza nominale avvolgimento secondario 5000kVA
- Efficienza 99,332%
- Normative di riferimento CEI EN 60067-1-10 – CEI EN 50464-1

- Dimensioni: A=2.200 mm b+X=2210 mm B=1.606 mm



6.5. Cavi AT

Per le connessioni AT 36 kV saranno utilizzati cavi RG7H1R tensioni nominali 26/45 kV, per posa direttamente interrata,

- conduttore in rame rosso, formazione rigida compatta, classe 2
- strato semiconduttore in materiale estruso pelabile a freddo
- isolamento in gomma HEPR, qualità G7, senza piombo
- schermo in fili di rame rosso con nastro di rame in contospirale
- guaina esterna in mescola a base di pvc, qualità Rz, di colore rosso

Le trincee di cavidotto avranno larghezza pari a 0,6 m, profondità pari a 1,2 m. Date le ridotte distanze e relative lunghezze non sono previsti giunti.

6.6. Rete di Terra

Nell'area di impianto potenzialmente confluiscono sistemi di categoria 0, I, II, III e pertanto l'impianto di messa a terra dovrà soddisfare le esigenze di sicurezza di tutti i sistemi suddetti.

TENSIONE

CATEGORIA	<i>alternata</i>	<i>continua</i>
0	minore di 50 volt	minore di 120 volt
I	da 50 volt (compresi) a 1.000 volt	da 120 volt (compresi) a 1.500 volt
II	da 1.000 volt (compresi) a 30.000 volt	da 1.500 volt (compresi) a 30.000 volt
III	maggiore di 30.000 volt	maggiore di 30.000 volt

L'impianto di messa a terra in oggetto è destinato a realizzare il sistema di protezione dai contatti indiretti denominato "Protezione mediante interruzione automatica dell'alimentazione", che è il solo metodo ammesso per gli impianti elettrici alimentati da sistemi di categoria superiore alla I.

Poiché l'alimentazione in AT è di tipo trifase con neutro a terra, nel caso di guasto a massa sugli impianti ed apparecchiature AT, il circuito di guasto si chiude attraverso il terreno. Pertanto, per favorire l'intervento delle protezioni ed attuare l'interruzione automatica dell'alimentazione, è necessario che l'impedenza di tale circuito sia la più bassa possibile, in modo che i valori delle correnti di guasto si mantengano al di sopra di quelli di taratura delle protezioni medesime.

Le tensioni pericolose che si stabiliscono sulle masse in caso di guasto dipendono, oltre che dal valore teorico della corrente di guasto e dal tempo di permanenza del guasto stesso, anche dalla resistenza di terra del dispersore attraverso il quale fluisce la corrente che attraversa il terreno.

In base a questi parametri dovrà essere dimensionato il dispersore principale del SdA.

Poiché poi all'interno del fabbricato CdR entro il perimetro del SdA vi sono i quadri AT, esistono altri impianti elettrici utilizzatori in BT, per i quali occorrerà prevedere la messa a terra di sicurezza.

In relazione al fatto che il fabbricato e tutti gli impianti in esso residenti cadono all'interno del piazzale AT si ricorrerà ad un impianto di messa a terra unico cui saranno collegate tutte le ferramenta, carpenterie metalliche, cassoni, tubazioni ed altri elementi metallici presenti, fabbricati compresi, che possano essere oggetto di indebiti tensionamenti in caso di guasto.

Saranno collegate direttamente al dispersore in almeno due punti distinti, per mezzo di conduttori di rame nudi, tutte le masse metalliche del piazzale AT, e cioè le armature dei cavi, i cassoni dei trasformatori, i telai di sostegno e gli involucri delle apparecchiature e tutte le altre strutture metalliche accessibili poste all'interno dell'anello perimetrale della rete di terra.

Le masse metalliche delle apparecchiature interne al fabbricato di CdC saranno invece collegate ad uno o più collettori in piatto di rame disposti lungo le pareti e collegati alla rete di terra esterna in più punti a mezzo collegamenti in cavo.

I parametri significativi al fine del dimensionamento del dispersore di terra sono la corrente di guasto a terra, il tempo d'intervento delle protezioni AT, la resistività del terreno e quindi la resistenza di terra del dispersore medesimo. Al momento della stesura di questa relazione i suddetti parametri

sono sconosciuti e pertanto si rimanda il dimensionamento del dispersore a quando questi parametri saranno resi disponibili.

6.7. Fibra Ottica

L'impianto sarà dotato di una rete dati in Fibra Ottica che verrà messa in opera all'interno del tubo in PEAD, posato all'interno dello scavo dei cavidotti MT. La rete in Fibra Ottica sarà utilizzata per lo scambio dati tra i PCS e il sistema di controllo centralizzato installato all'interno della CUC.

I principali materiali utilizzati per la realizzazione delle linee di telecomunicazione in fibra ottica:

- mini cavo fibra ottica
- mini tubo in polietilene ad alta densità (PEAD)

Mini cavo fibra ottica

Sarà utilizzato mini cavo fibra ottica per installazione all'interno di mini tubi, con la tecnica del soffiaggio, costituito da 24 fibre ottiche monomodali suddivise in due tubetti (12x2). Di seguito, in tabella, si riportano le caratteristiche del mini cavo in Fibra ottica in accordo alle raccomandazioni della normativa internazionale (ITU-T G.652, tipo D9).

Per quanto attiene alle caratteristiche meccaniche le principali sono le seguenti.

- Massima resistenza alla trazione: 1.000 N
- Minimo raggio di curvatura: 130 mm
- Temperatura di esercizio: -30°C – 60°C

La luce generata dal Led o dal Laser che attraversa una fibra ottica risente delle irregolarità e imperfezioni del supporto che diventano potenziali fonti di perdita segnale con conseguente decadimento delle performance. La criticità è comprensibile se pensiamo che le dimensioni del "capello" sono 250 micron e mentre è di 50 o 9 micron il core attraversato dalla luce. È evidente pertanto l'importanza delle operazioni di giunzione e di inserimento del connettore alla terminazione del cavo. Nell'opera in esame è previsto che la giunzione avvenga a fusione (giunzione a caldo) da effettuare con apposita macchina giuntatrice, che permette di allineare con precisione due segmenti di fibra ottica di uguale tipologia le cui estremità vengono fuse e quindi saldate insieme usando un arco elettrico. La giuntatrice permette di verificare anche il corretto funzionamento dei giunti, che permettono la trasmissione della luce da una fibra all'altra con una perdita molto basse (tipicamente non superiore a 0,1 dB).

Material Constituents

- Fiber core: SiO₂ doped with GeO₂
- Fiber cladding: pure SiO₂
- Coating: double layer UV-cured acrylate
- Design: step index profile, matched cladding

Optical Specifications

Attenuation Coefficient (cabled fibers)

at 1310 nm	≤ 0.37 dB/km
at 1550 nm	≤ 0.24 dB/km
at 1383 ± 3 nm	≤ 0.37 dB/km

Cable cut-off Wavelength λ_{ccf} ≥ 1260 nm

Mode Field Diameter (Petermann II Definition)

at 1310 nm 9.2 ± 0.4 μm

Chromatic Dispersion

at 1285 nm to 1330 nm	≤ 3.5 ps/(nm*km)
at 1550 nm	≤ 18 ps/(nm*km)

Zero Dispersion Wavelength λ_0 1310 nm to 1324 nm

Zero Dispersion Slope So ≤ 0.092 ps/(nm²*km)

Polarization Mode Dispersion coefficient PMD

<i>Link Design Value</i>	≤ 0.06 ps/√km *
<i>Cabled fibers</i>	≤ 0.2 ps/√km **

Geometrical Specifications

- Cladding Diameter 125.0 ± 1.0 μm
- Core/Cladding Concentricity Error ≤ 0.5 μm
- Cladding Non-Circularity ≤ 1.0 %
- Coating Diameter 245 ± 5 μm

Mechanical Specifications

- All fibers are proof tested over the whole length to a level of 100 kpsi or 0.7 GN/m² or 1% elongation.
- Coating Stripping Force (mechanically strippable) 1.0 ÷ 8.9 N

* This value is guaranteed by the fiber manufacturer. Complies with IEC 60794-3:2000, Method 1, March 2000.

** PMD on cabled fibers is tested on a sampling plane basis, sufficient to assure that the product respects the stated characteristics.

Minitubo in polietilene per posa cavi fibra ottica

I minitubi per la posa dei minicavi in fibra ottica sono ottenuti per estrusione di polietilene ad alta densità (HDPE o PEAD in italiano), e risultano idonei per la posa con la tecnica del “blowing” (soffiaggio ad aria compressa). Essi possono essere utilizzati sia singolarmente (come nel nostro caso) che in configurazione multipla (“Strutture” di minitubi) per facilitarne la posa simultanea.

E’ prevista la posa di un minitubo con diametro interno di 12 mm e spessore 2 mm, diametro esterno 16 mm idoneo per la posa di minicavi fino a 144 o 288 fibre ottiche, posato direttamente in trincea, o all’interno di tubazioni in pvc flessibili più grandi in corrispondenza delle TOC. Per facilitare la posa di pezzature lunghe l’attrito con il minicavo viene minimizzato tramite idonee rigature sulla superficie interna (a diretto contatto con il cavo). Saranno utilizzati mini tubi di colore verde o blu per facilitarne l’identificazione all’interno della trincea, nella quale sono posati anche i cavi MT di colore rosso. I minitubi sono marchiati tipicamente con i seguenti dati:

- Identificazione del fabbricante
- Caratteristiche della struttura
- Materia prima
- Tracciabilità linea data
- Metratura progressiva

Il trasporto e la posa dei minitubi dovrà avvenire con temperature esterne comprese fra i -10°C e +50°C: al di sotto dei -10°C il materiale diviene fragile aumentando il rischio di rottura sotto sforzo (trazione e impatto). Durante la posa la parete interna dei minitubi sarà mantenuta pulita ed asciutta allo scopo di evitare contaminazioni che potrebbero provocare un incremento del coefficiente di attrito minitubo/ minicavo con conseguente riduzione della distanza di posa del minicavo stesso. I minitubi sono giuntati tra loro tramite appositi elementi di giunzione a tenuta di pressione, rimovibili ed eventualmente riutilizzabili con resistenza tipica alla trazione di 700 N



Minitubi in PEAD per posa cavi fibra ottica



Elemento di giunzioni per mini tubi in PEAD