

COMUNE DI

PROGETTO



ELABORATO

IDENTIFICAZIONE ELABORATO

LIV. PROG.	VERSIONE	TIPO DOC.	CODICE PROGETTO	CODICE ELABORATO	DATA	SCALA

REVISIONI

REV	DATA	AUTORE	DESCRIZIONE	VER.	APP.

PROGETTAZIONE




Maya Engineering S.r.l.

Via M. D'Azeglio 2, 70017, Putignano (BA)
T: +39 080 8937976 | E: info@maya-eng.com
CF e P.IVA 08365980724

GRUPPO DI LAVORO

SPAZIO RISERVATO AGLI ENTI


RICHIEDENTE

Progetto:	PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO CON ACCUMULO E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE DA REALIZZARSI IN AGRO DI LUCERA E TROIA(FG), DENOMINATO "LUCERA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 30,86 MWP, POTENZA MASSIMA A.C. 25 MW, ACCUMULO PARI A 5 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 30 MW				
Oggetto:	RELAZIONE CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE				
Committente:	AMBRA SOLARE 3 S.r.l.				
Data:	02/2023	Revisione:	1.0		Cod. doc.:

SOMMARIO


1. PREMESSA	4
2. LOCALIZZAZIONE SITO	5
2.1 Disponibilità delle aree e stato "ante-operam"	6
3. CARATTERISTICHE GEOMETRICHE, FUNZIONALI E COSTRUTTIVE	7
4. CARATTERISTICHE STRUTTURALI	8
5. IPOTESI DI CALCOLO E NORMATIVA DI RIFERIMENTO	9
6. CALCOLI STATICI	11
6.1 Analisi dei carichi	11
6.2 Carichi permanenti	11
6.3 Carichi accidentali	11
6.3.1 Azioni sismiche	11
6.3.2 Azioni della neve	13
6.3.3 Carico della neve sulle coperture	13
6.3.3.1 Valore di riferimento del carico della neve al suolo <i>q_{sk}</i>	14
6.3.3.2 Coefficiente di forma della copertura <i>μ_i</i>	14
6.3.4 Azione del vento	15
6.3.4.1 Velocità base di riferimento	15
6.3.4.2 Velocità di riferimento	16
6.3.4.3 Pressione del vento	17
6.3.4.3.1 Pressione cinetica di riferimento	17
6.3.4.3.2 Coefficiente di esposizione	17
6.3.4.3.3 Coefficiente di pressione	18
6.3.4.4 Pressione cinetica di picco	19
6.3.4.5 Azione tangente del vento	20
6.3.5 Azione della temperatura	20
6.3.5.1 Temperatura dell'aria esterna	20
6.3.5.2 Temperatura dell'aria interna	21
6.3.5.3 Effetti delle azioni termiche	21
7. COMBINAZIONE DI CARICO	22
8. MODELLAZIONE STRUTTURALE	24
8.1 Geometria portale tipo	24
9. OUTPUT DEI RISULTATI	26
10. CLASSIFICAZIONE SEZIONI	28
11. VERIFICHE DEI COLLEGAMENTI	29
12. CABINE ELETTRICHE	31
13. SOTTOSTAZIONE DI TRASFORMAZIONE E CONSEGNA	32
14. VERIFICHE STRUTTURALI CABINE	33
14.1 Cabina di raccolta dei cavi MT da installare all'interno del campo	33
15. SOTTOSTAZIONE DI TRASFORMAZIONE E CONSEGNA	35
15.1 Fondazione Trasformatori	35

Subject:	Progetto Agrivoltaico "LUCERA" -Potenza in Immissione 30 MW con accumulo da 5 MW	Project Code:	ITOPW003.071028
Document Title	Relazione Calcoli Preliminari Strutture	Date:	FEBRUARY 2023
Client:	AMBRA SOLARE 3 S.r.l.	Page:	1

Progetto:	PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO CON ACCUMULO E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE DA REALIZZARSI IN AGRO DI LUCERA E TROIA(FG), DENOMINATO "LUCERA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 30,86 MWP, POTENZA MASSIMA A.C. 25 MW, ACCUMULO PARI A 5 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 30 MW				
Oggetto:	RELAZIONE CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE				
Committente:	AMBRA SOLARE 3 S.r.l.				
Data:	02/2023	Revisione:	1.0		Cod. doc.:


16.	SOTTOSTAZIONE DI TRASFORMAZIONE E CONSEGNA	37
17.	INDICAZIONE PER FONDAZIONE CABINE	38
18.	SPECIFICHE TECNICHE RECINZIONI E CANCELLI	39
19.	CALCOLO DELLA CAPACITA' PORTANTE PER CARICO VERTICALE DI UN PALO ISOLATO IN CONDIZIONI STATICHE.....	40
19.1	Stima di Q_p	40
19.2	Stima di Q_s	41
20.	VERIFICA DELLA CAPACITA' PORTANTE.....	42
21.	VERIFICA DI TIRO	43
22.	PREDISPOSIZIONE INSTALLAZIONE PALI ALL'INTERNO DELL'IMPIANTO FV.....	44
22.1	Caratteristiche dei materiali	44
22.1.1	Acciaio da costruzione.....	44
22.2	Analisi dei carichi	44
22.3	Carichi permanenti	44
22.4	Azioni del vento secondo le NTC2018.....	44
22.4.1	Calcolo dei coefficienti	44
22.4.2	Valutazione dell'azione del vento sui pali	45
22.5	Azione sismica.....	45
22.6	Scelta dei plinti prefabbricati	46
22.6.1	Modalità di posa.....	47
22.6.2	Criteri di calcolo	47
22.7	Verifica dei pali	47
22.7.1	Verifica del palo 1.....	47
22.7.2	Verifica a flessione	48
22.7.3	Verifica del palo 2.....	48
22.7.4	Verifica a flessione	48
23.	SOFTWARE UTILIZZATI	49
23.1	Premessa	49
23.2	Codice di calcolo.....	49
23.3	Valutazione dei risultati e giudizio motivato sulla loro accettabilità	49
23.4	Prestazioni attese al collaudo	50
24.	ACCIAIO PER CARPENTERIA METALLICA.....	51
24.1	Generalità.....	51
24.2	Quadro in SF6.....	54
24.3	Quadro in SF6 (Utente).....	55
24.4	Terminali Unipolari.....	56
24.5	Cavi MT 30 kV	57
24.6	Nastro Monitor	58
24.7	Particolari costruttivi opere di connessione.....	59

Subject:	Progetto Agrivoltaico "LUCERA" -Potenza in Immissione 30 MW con accumulo da 5 MW	Project Code:	ITOPW003.071028
Document Title	Relazione Calcoli Preliminari Strutture	Date:	FEBRUARY 2023
Client:	AMBRA SOLARE 3 S.r.l.	Page:	2

Progetto:	PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO CON ACCUMULO E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE DA REALIZZARSI IN AGRO DI LUCERA E TROIA(FG), DENOMINATO "LUCERA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 30,86 MWP, POTENZA MASSIMA A.C. 25 MW, ACCUMULO PARI A 5 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 30 MW			
Oggetto:	RELAZIONE CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE			
Committente:	AMBRA SOLARE 3 S.r.l.			
Data:	02/2023	Revisione:	1.0	Cod. doc.: ITOPW003.PD.01.REL.VIA2_RCPS

25. SOLUZIONI COSTRUTTIVE E LINEE GUIDA E-DISTRIBUZIONE LINEE INTERRATE..... 65

Subject:	Progetto Agrivoltaico "LUCERA" -Potenza in Immissione 30 MW con accumulo da 5 MW	Project Code:	ITOPW003.071028
Document Title	Relazione Calcoli Preliminari Strutture	Date:	FEBRUARY 2023
Client:	AMBRA SOLARE 3 S.r.l.	Page:	3

Progetto:	PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO CON ACCUMULO E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE DA REALIZZARSI IN AGRO DI LUCERA E TROIA(FG), DENOMINATO "LUCERA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 30,86 MWP, POTENZA MASSIMA A.C. 25 MW, ACCUMULO PARI A 5 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 30 MW				
Oggetto:	RELAZIONE CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE				
Committente:	AMBRA SOLARE 3 S.r.l.				
Data:	02/2023	Revisione:	1.0		Cod. doc.:

1. PREMESSA

Il presente progetto ha come obiettivo la realizzazione di un impianto agrivoltaico denominato "LUCERA" destinato alla produzione di coltivazioni orticole e la produzione di energia elettrica da fonte solare tramite l'impiego di moduli fotovoltaici. L'impianto verrà installato a terra utilizzando una tecnologia ad inseguimento solare con movimentazione mono-assiale (da est verso ovest).

L'iniziativa prevede la realizzazione di un impianto agro-voltaico destinato alla produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile solare integrato da un progetto agronomico.

Il modello, meglio descritto nelle relazioni specialistiche, si prefigge l'obiettivo di ottimizzare e utilizzare in modo efficiente il territorio, producendo energia elettrica pulita e garantendo, per il miglior utilizzo del suolo, una produzione agricola che ne mantenga il grado di fertilità.

L'iniziativa si inserisce nel quadro istituzionale identificato dall'art.12 del D.lgs. n. 387 del 29 dicembre 2003, che dà direttive per la promozione dell'energia elettrica prodotta da fonti energetiche rinnovabili nel mercato interno dell'elettricità.

L'impianto fotovoltaico produrrà energia elettrica rinnovabile da fonte solare fotovoltaica. Il progetto si inserisce nel quadro generale della riconversione degli impianti per la produzione di energia elettrica da fonte fossile in favore degli impianti da fonte rinnovabili, in grado di produrre energia a prezzo concorrenziale senza l'utilizzo di materie prima di origine fossile.


E' ormai evidente come il clima negli ultimi anni ha subito un forte cambiamento con il verificarsi in maniera sempre più frequente eventi climatici estremi e di notevole intensità come alluvioni, uragani, scioglimento dei ghiacciai sulle montagne e quello dei ghiacciai delle calotte polari con la deriva di iceberg dell'estensione di centinaia di chilometri quadrati.

Con gli accordi sanciti dal Protocollo internazionale di Kyoto del 1997 e dal Libro Bianco italiano scaturito dalla Conferenza Nazionale Energia e Ambiente del 1998, l'Italia si è dotata di un piano Energetico Nazionale 2030, con l'obiettivo di raggiungere attraverso le energie rinnovabili l'indipendenza dalle materie prime di origine fossile provenienti dall'estero.

Questa nuova opportunità può contribuire a incrementare l'occupazione sul territorio con la creazione di migliaia di posti di lavoro e migliorare il tenore di vita e il reddito nelle regioni più svantaggiate e contribuire a conseguire una maggiore coesione economica e sociale.

In tale contesto lo sfruttamento dell'energia solare da fonte fotovoltaica, costituisce una valida risposta alle esigenze economiche ed ambientali sopra esposte.

Subject:	Progetto Agrivoltaico "LUCERA" -Potenza in Immissione 30 MW con accumulo da 5 MW	Project Code:	ITOPW003.071028
Document Title	Relazione Calcoli Preliminari Strutture	Date:	FEBRUARY 2023
Client:	AMBRA SOLARE 3 S.r.l.	Page:	4

Progetto:	PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO CON ACCUMULO E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE DA REALIZZARSI IN AGRO DI LUCERA E TROIA(FG), DENOMINATO "LUCERA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 30,86 MWP, POTENZA MASSIMA A.C. 25 MW, ACCUMULO PARI A 5 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 30 MW				
Oggetto:	RELAZIONE CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE				
Committente:	AMBRA SOLARE 3 S.r.l.				
Data:	02/2023	Revisione:	1.0		Cod. doc.:

2. LOCALIZZAZIONE SITO

Dalla verifica cartografica condotta sul portale geografico dei comuni di **Lucera** e **Troia** si evince che tutti i terreni oggetto di intervento ricadono in zona agricola **E**.

La superficie totale dell'intervento è pari a circa **58,96** ha. Di questa quella recintata ed utilizzata per l'installazione dei moduli fotovoltaici è circa **501.300 m² (50,13 ha)** le restanti aree saranno destinate alle fasce di rispetto.

L'area impianto risulta essere distante dai centri abitati collocandosi ad una distanza di circa **12,0** km dal Comune di **Foggia**, **9** km dal Comune di **Troia**.

L'area è servita dalla SS 16 Adriatica e dalla viabilità locale ed interpodereale. Di seguito si riportano le coordinate geografiche e l'ubicazione:

- Latitudine: 41.401843°N
- Longitudine: 15.423528°E
- Altitudine: 193 m s.l.m.




Figura 1: Localizzazione dell'impianto su base Ortofoto

Nella Tabella sono riassunti i dati di progetto relativi all'ubicazione dell'impianto (attraverso coordinate geografiche identificative del suo punto baricentrico), nonché l'estensione dell'area su cui ricade l'intervento.

Denominazione impianto	LUCERA
Regione	Puglia
Provincia	Foggia
Comune	Lucera, Troia
Estensione area interessata dall'intervento	501.300 m ² (50,13 ha)
Longitudine	15.423528°E
Latitudine	41.401843°N
Elevazione	193 m. s.l.m.

Tabella 1: Dati geografici di progetto

Subject:	Progetto Agrivoltaico "LUCERA" -Potenza in Immissione 30 MW con accumulo da 5 MW	Project Code:	IT0PW003.071028
Document Title	Relazione Calcoli Preliminari Strutture	Date:	FEBRUARY 2023
Client:	AMBRA SOLARE 3 S.r.l.	Page:	5

Progetto:	PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO CON ACCUMULO E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE DA REALIZZARSI IN AGRO DI LUCERA E TROIA(FG), DENOMINATO "LUCERA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 30,86 MWP, POTENZA MASSIMA A.C. 25 MW, ACCUMULO PARI A 5 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 30 MW				
Oggetto:	RELAZIONE CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE				
Committente:	AMBRA SOLARE 3 S.r.l.				
Data:	02/2023	Revisione:	1.0		Cod. doc.:

2.1 Disponibilità delle aree e stato "ante-operam"


Si precisa che le particelle su cui ricadrà l'impianto fotovoltaico in oggetto sono nella disponibilità della società, con contratti preliminari di diritto di superficie e/o compravendita legalizzati, ciò nonostante, le suddette aree sono state inserite nel presente piano particellare di esproprio/servitù con lo scopo di garantire l'eseguibilità dell'opera ad autorizzazione ottenuta:

Nella seguente tabella vengono riportati i dati catastali relativi alle aree di intervento:

Fogli e particelle catastali interessate dal progetto		
Area impianto		
COMUNE	FOGLIO DI MAPPA	PARTICELLE
Lucera (FG)	145	159-130-189-321-322-323-324
Troia (FG)	19	17-78-79-85-86-87
Area Stazione di Utenza		
COMUNE	FOGLIO DI MAPPA	PARTICELLE
Troia (FG)	6	404
Collegamento MT alla Stazione di Utenza (interrato)		
COMUNE	FOGLIO DI MAPPA	PARTICELLE
Lucera (FG)	145	324-SP116
Lucera (FG)	144	SP116
COMUNE	FOGLIO DI MAPPA	PARTICELLE
Troia (FG)	19	17-SP116
Troia (FG)	18	SP114
Troia (FG)	17	SP114
Troia (FG)	27	SP114-SP113
Troia (FG)	26	SP113-SP109
Troia (FG)	61	SP112-SC Senza Nome
Troia (FG)	60	SC Senza Nome
Troia (FG)	59	SC Senza Nome
Troia (FG)	9	SC Senza Nome
Troia (FG)	7	Contrada Serra dei Bisi
Troia (FG)	8	Contrada Serra dei Bisi
Troia (FG)	6	329-404
Collegamento AT alla Stazione Elettrica (interrato)		
COMUNE	FOGLIO DI MAPPA	PARTICELLE
Troia (FG)	6	404-402-467

Tabella 2: Dati catastali di progetto

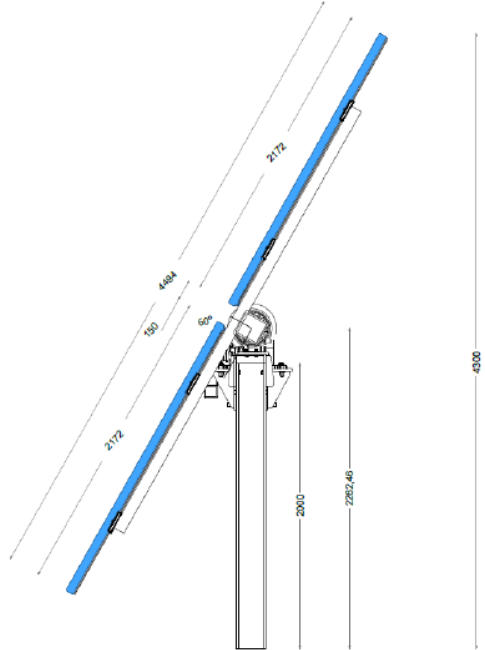
Subject:	Progetto Agrivoltaico "LUCERA" -Potenza in Immissione 30 MW con accumulo da 5 MW	Project Code:	IT0PW003.071028
Document Title	Relazione Calcoli Preliminari Strutture	Date:	FEBRUARY 2023
Client:	AMBRA SOLARE 3 S.r.l.	Page:	6

Progetto:	PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO CON ACCUMULO E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE DA REALIZZARSI IN AGRO DI LUCERA E TROIA(FG), DENOMINATO "LUCERA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 30,86 MWP, POTENZA MASSIMA A.C. 25 MW, ACCUMULO PARI A 5 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 30 MW				
Oggetto:	RELAZIONE CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE				
Committente:	AMBRA SOLARE 3 S.r.l.				
Data:	02/2023	Revisione:	1.0		Cod. doc.:

3. CARATTERISTICHE GEOMETRICHE, FUNZIONALI E COSTRUTTIVE

Il "MODULO STANDARD" utilizzato in questo campo è costituito da una struttura in elevazione in acciaio TIPO TRACKER DI SUPPORTO MODULI FOTOVOLTAICI TILT +/-60A ANCORAGGIO CON PALI (PROFILI) INFISSI nel terreno per circa 2 - 2,9 mt, come in figura, collegati superiormente da un Tubo Quadro 120*120*3 sul quale poggiano attraverso elementi in OMEGA 65x30x25 i moduli fotovoltaici. L'angolo d'inclinazione è variabile. Per maggiore chiarezza si rimanda alle tavole grafiche allegate.

PROSPETTO LATERALE TRACKER CON INCLINAZIONE MODULI - SF7 BI FACIAL Scala 1:20



PROSPETTO LATERALE TRACKER - SF7 BI FACIAL

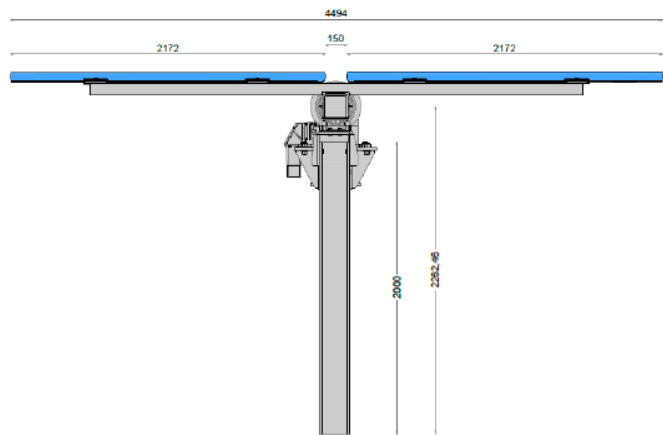



Figura 2: Schema della struttura - sezione

La struttura di sostegno del tipo mobile ad inseguitore solare monoassiale, o tracker, utilizza dispositivi elettromeccanici, che gli consentono di seguire il sole durante tutto il giorno da Est a Ovest sull'asse di rotazione orizzontale Nord-Sud (inclinazione 0°). I layout di campo con inseguitori monoasse orizzontali sono molto flessibili. La semplice geometria permette di mantenere tutti gli assi di rotazione paralleli l'uno all'altro in modo da posizionare opportunamente i tracker l'uno rispetto all'altro

Subject:	Progetto Agrivoltaico "LUCERA" -Potenza in Immissione 30 MW con accumulo da 5 MW	Project Code:	ITOPW003.071028
Document Title	Relazione Calcoli Preliminari Strutture	Date:	FEBRUARY 2023
Client:	AMBRA SOLARE 3 S.r.l.	Page:	7

Progetto:	PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO CON ACCUMULO E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE DA REALIZZARSI IN AGRO DI LUCERA E TROIA(FG), DENOMINATO "LUCERA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 30,86 MWP, POTENZA MASSIMA A.C. 25 MW, ACCUMULO PARI A 5 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 30 MW				
Oggetto:	RELAZIONE CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE				
Committente:	AMBRA SOLARE 3 S.r.l.				
Data:	02/2023	Revisione:	1.0		Cod. doc.:

4. CARATTERISTICHE STRUTTURALI

L'intera struttura è realizzata completamente in acciaio ed è caratterizzata da 5 portali, posti ad interasse 7784 e 7654 mm con due sbalzi laterali da 2704 mm. Gli elementi strutturali costituenti sono rappresentati da un pilastro centrale (ove è posizionato il rotore) di sezione HEA160 e 4 PROFILI A Z 150x50x20, tutti gli elementi precedenti sono collegati superiormente da un Tubo Quadro 120*120*3.

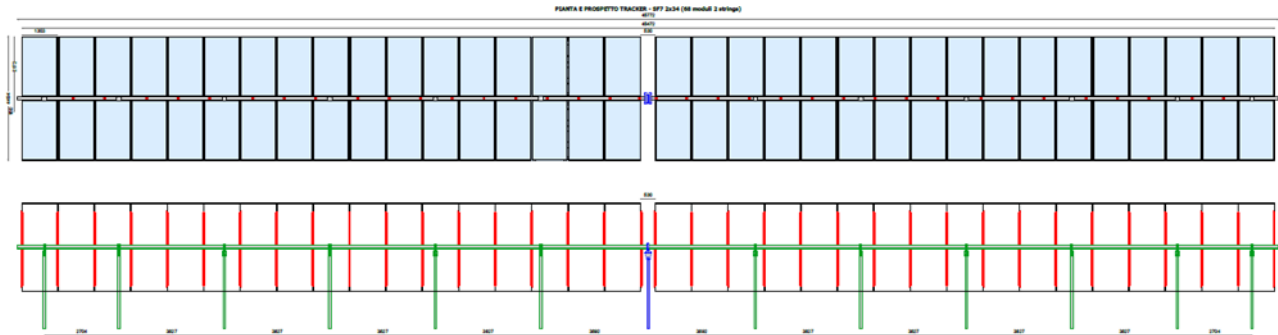



Figura 3: Schema della struttura - viste

L'elemento di appoggio del pannello fotovoltaico è costituito, come già indicato, da elementi Reinforced omega 65x30x25 l=460 mm, Aluzinc S280GD+AZ185 e profili A Z 25x65x25 di bordo, disposti con un passo pari a circa 530 mm e inclinazione variabile.

Subject:	Progetto Agrivoltaico "LUCERA" -Potenza in Immissione 30 MW con accumulo da 5 MW	Project Code:	IT0PW003.071028
Document Title	Relazione Calcoli Preliminari Strutture	Date:	FEBRUARY 2023
Client:	AMBRA SOLARE 3 S.r.l.	Page:	8

Progetto:	PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO CON ACCUMULO E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE DA REALIZZARSI IN AGRO DI LUCERA E TROIA(FG), DENOMINATO "LUCERA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 30,86 MWp, POTENZA MASSIMA A.C. 25 MW, ACCUMULO PARI A 5 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 30 MW				
Oggetto:	RELAZIONE CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE				
Committente:	AMBRA SOLARE 3 S.r.l.				
Data:	02/2023	Revisione:	1.0		Cod. doc.:

5. IPOTESI DI CALCOLO E NORMATIVA DI RIFERIMENTO

I metodi di calcolo adottati per il calcolo sono i seguenti:

1. Per i carichi statici: **METODO DELLE DEFORMAZIONI**;
2. Per i carichi sismici: metodo dell'**ANALISI MODALE** o dell'**ANALISI SISMICA STATICA EQUIVALENTE**.

Il calcolo statico-dinamico delle strutture è stato eseguito secondo i metodi della scienza e della tecnica delle costruzioni.

L'analisi sismica dinamica è stata svolta con il metodo dell'analisi modale; la ricerca dei modi e delle relative frequenze è stata perseguita con il metodo delle "iterazioni nel sottospazio".

I modi di vibrazione considerati sono in numero tale da assicurare l'eccitazione di più dell'85% della massa totale della struttura.

Per ciascuna direzione di ingresso del sisma si sono valutate le forze modali che vengono applicate su ciascun nodo spaziale (tre forze, in direzione X, Y e Z, e tre momenti).

Per la verifica della struttura si è fatto riferimento all'analisi modale; pertanto, sono prima calcolate le sollecitazioni e gli spostamenti modali e poi viene calcolato il loro valore efficace.

I valori delle sollecitazioni sismiche sono combinati linearmente (in somma e in differenza) con quelle per carichi statici per ottenere le sollecitazioni per sisma nelle tre direzioni di calcolo.

Per la verifica delle strutture si è seguito il metodo agli stati limite facendo riferimento alle seguenti normative:

- a) Decreto Ministeriale 17/01/2018 "Norme Tecniche per le Costruzioni";
- b) Circolare Ministero delle infrastrutture e dei trasporti 21 gennaio 2019, n. 7- "Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018" (Gazzetta Ufficiale 11/2/2019, n. 35 - Suppl. ord. n. 5)".

Si sono analizzate le possibili condizioni di carico e si è proceduto al dimensionamento delle parti per le condizioni più gravose. Il calcolo e la verifica delle strutture in acciaio è stato eseguito con il software agli elementi finiti CDSWIN 2019.

Di seguito, in dettaglio si descrivono le principali caratteristiche del software di calcolo:

1. Sistema globale della struttura spaziale:

Il sistema di riferimento globale è costituito da una terna destra di assi cartesiani ortogonali (O-XYZ) dove l'asse Z rappresenta l'asse verticale rivolto verso l'alto. Le rotazioni sono considerate positive se concordi con gli assi vettori.

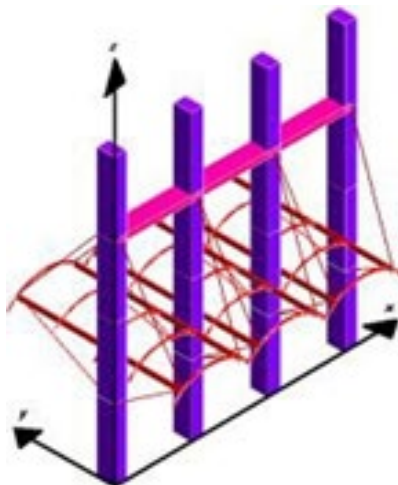


Figura 4: Esempio di modello realizzato con CDSWIN 2018


2. Sistema locale delle aste:

Il sistema di riferimento locale delle aste, inclinate o meno, è costituito da una terna destra di assi cartesiani ortogonali che ha l'asse Z coincidente con l'asse longitudinale dell'asta ed orientamento dal nodo iniziale al nodo finale, gli assi X ed Y sono orientati come nell'archivio delle sezioni;

3. Unità di misura:

Si adottano le seguenti unità di misura:

Subject:	Progetto Agrivoltaico "LUCERA" -Potenza in Immissione 30 MW con accumulo da 5 MW	Project Code:	ITOPW003.071028
Document Title	Relazione Calcoli Preliminari Strutture	Date:	FEBRUARY 2023
Client:	AMBRA SOLARE 3 S.r.l.	Page:	9

Progetto:	PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO CON ACCUMULO E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE DA REALIZZARSI IN AGRO DI LUCERA E TROIA(FG), DENOMINATO "LUCERA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 30,86 MWP, POTENZA MASSIMA A.C. 25 MW, ACCUMULO PARI A 5 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 30 MW				
Oggetto:	RELAZIONE CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE				
Committente:	AMBRA SOLARE 3 S.r.l.				
Data:	02/2023	Revisione:	1.0		Cod. doc.:

- [lunghezze] = m; mm
- [forze] = kgf / daN; KN
- [tempo] = sec
- [temperatura]= °C


4. Convenzioni sui segni:

I carichi agenti sono:

- Carichi e momenti distribuiti lungo gli assi coordinati;
- Forze e coppie nodali concentrate sui nodi.

Le forze distribuite sono da ritenersi positive se concordi con il sistema di riferimento locale dell'asta, quelle concentrate sono positive se concordi con il sistema di riferimento globale. I gradi di libertà nodali sono gli omologhi agli enti forza, e quindi sono definiti positivi se concordi a questi ultimi.

Subject:	Progetto Agrivoltaico "LUCERA" -Potenza in Immissione 30 MW con accumulo da 5 MW	Project Code:	ITOPW003.071028
Document Title	Relazione Calcoli Preliminari Strutture	Date:	FEBRUARY 2023
Client:	AMBRA SOLARE 3 S.r.l.	Page:	10

Progetto:	PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO CON ACCUMULO E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE DA REALIZZARSI IN AGRO DI LUCERA E TROIA(FG), DENOMINATO "LUCERA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 30,86 MWP, POTENZA MASSIMA A.C. 25 MW, ACCUMULO PARI A 5 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 30 MW				
Oggetto:	RELAZIONE CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE				
Committente:	AMBRA SOLARE 3 S.r.l.				
Data:	02/2023	Revisione:	1.0		Cod. doc.:

6. CALCOLI STATICI

6.1 Analisi dei carichi

Per determinare i carichi agenti sulla struttura si è fatto riferimento ai dati ottenuti dal progettista dell'opera indicati in seguito e alle schede tecniche.

MECHANICAL DATA

Solar cells	Monocrystalline
Cell configuration	120 cells (6×10+6×10)
Module dimensions	2172×1303×35mm
Weight	35kg
Superstrate	High Transmission, Low Iron, Tempered ARC Glass
Substrate	Tempered Glass
Frame	Anodized Aluminium Alloy type 6005-2T6, Silver Color
J-Box	Potted, IP68, 1500VDC, 3 Schottky bypass diodes
Cables	4.0mm ² (12AWG), Positive(+)350mm, Negative(-)350mm (Connector Included)
Connector	Risen Twinsel PV-SY02, IP68

Figura 5: Scheda pannello

6.2 Carichi permanenti

Pannello Fotovoltaico + elementi di montaggio: 15,00 daN/m²

6.3 Carichi accidentali

6.3.1 Azioni sismiche

Per la definizione del sisma si fa riferimento al § 3.2 "Azione sismica" del DM 17/01/2018, all'Allegato A alle Norme Tecniche per le Costruzioni "Pericolosità sismica" ed all'Allegato B alle Norme Tecniche per le Costruzioni "Tabelle dei parametri che definiscono l'azione sismica" del DM 14/01/2008.

Si è considerato un terreno di **categoria B** secondo la classificazione riportata dalla **Tabella 3.2.II "Categorie di sottosuolo"** al § 3.2.2 "Categorie di sottosuolo e condizioni topografiche" del DM 17/01/2018.

Si è considerata una **categoria topografica T1** – Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione $\alpha < 15^\circ$ secondo la classificazione riportata dalla **Tabella 3.2.IV "Categorie topografiche"** al § 3.2.2 "Categorie di sottosuolo e condizioni topografiche" del DM 17/01/2018.

Sulla base di tali informazioni di latitudine e longitudine, terreno e categoria topografica, si determinano gli spettri di risposta elastici secondo le seguenti formule:

- **Componente orizzontale** (§ 3.2.3.2.1 "Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali"):

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right)$$

- **Componente verticale** (§ 3.2.3.2.2 "Spettro di risposta elastico in accelerazione della componente verticale"):


$$0 \leq T < T_B \quad S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_v} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right)$$

Subject:	Progetto Agrivoltaico "LUCERA" -Potenza in Immissione 30 MW con accumulo da 5 MW	Project Code:	ITOPW003.071028
Document Title	Relazione Calcoli Preliminari Strutture	Date:	FEBRUARY 2023
Client:	AMBRA SOLARE 3 S.r.l.	Page:	11

Progetto:	PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO CON ACCUMULO E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE DA REALIZZARSI IN AGRO DI LUCERA E TROIA(FG), DENOMINATO "LUCERA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 30,86 MWP, POTENZA MASSIMA A.C. 25 MW, ACCUMULO PARI A 5 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 30 MW				
Oggetto:	RELAZIONE CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE				
Committente:	AMBRA SOLARE 3 S.r.l.				
Data:	02/2023	Revisione:	1.0		Cod. doc.:

Viene considerato un **comportamento strutturale non dissipativo**, cui ci si riferisce quando si progetta per gli stati limite di esercizio, in cui gli effetti combinati delle azioni sismiche e delle altre azioni sono calcolati, indipendentemente dalla tipologia strutturale adottata, senza tener conto delle non linearità di comportamento (di materiale e geometriche) se non rilevanti.

Nel caso di comportamento non dissipativo si adottano unicamente i **modelli lineari**.

Quando si utilizza l'analisi lineare per sistemi non dissipativi, come avviene per gli stati limite di esercizio, gli effetti delle azioni sismiche sono calcolati, quale che sia la modellazione per esse utilizzata, riferendosi allo spettro di progetto ottenuto assumendo un fattore di struttura q unitario. Per la resistenza delle membrature e dei collegamenti non è necessario soddisfare i requisiti di duttilità fissati nella norma.

Secondo il § 7.3.2 "Analisi statica o dinamica" del DM 17/01/2018, il metodo d'analisi lineare di riferimento per determinare gli effetti dell'azione sismica, sia su sistemi dissipativi sia su sistemi non dissipativi, è l'**analisi modale con spettro di risposta** o "**analisi lineare dinamica**". In essa l'equilibrio è trattato dinamicamente e l'azione sismica è modellata direttamente attraverso lo spettro di progetto definito al § 3.2.3.4 "Spettri di progetto per gli stati limite di operatività" del DM 17/01/2018 (**struttura non dissipativa**) per cui "lo spettro di progetto da utilizzare sia per le componenti orizzontali che per la componente verticale, è lo spettro elastico corrispondente, riferito alla probabilità di superamento nel periodo di riferimento considerata".

In funzione del quadro normativo applicato si determinano i seguenti parametri, utili per la definizione dell'azione sismica. In accordo al § 2.4 "Vita nominale, classi d'uso e periodo di riferimento" si determinano:

➤ **Vita nominale:**

Dalla tabella 2.4.I "Valori minimi della Vita nominale di progetto per i diversi tipi di costruzioni":

TIPI DI COSTRUZIONI		Valori minimi di V_N (anni)
1	Costruzioni temporanee e provvisorie	10
2	Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari	50
3	Costruzioni con livelli di prestazioni elevati	100

Tabella 3: Tabella 2.4.I "Valori minimi della Vita nominale di progetto per i diversi tipi di costruzioni"

si assume una vita nominale V_N maggiore di 50 anni.

➤ **Classi d'uso:**

In accordo al § 2.4.2 "Classi d'uso" si associa a tale struttura una CLASSE I definita come: "Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli".

➤ **Periodo di riferimento per l'azione sismica:**

Il periodo di riferimento è definito dalla relazione

$$V_R = V_N * C_U$$

dove il valore di C_U è definito in accordo alla tabella 2.4.II "Valore del coefficiente d'uso" riportata di seguito:

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE C_U	0,7	1,0	1,5	2,0

Tabella 4: Tabella 2.4.II "Valore del coefficiente d'uso"

In base alle assunzioni fatte e alle considerazioni fatte si ottiene che:


$$V_R = 50 * 0,7 = 35 \text{ anni}$$

L'azione sismica è definita sotto forma di spettro di risposta. Per poter definire la forma spettrale, in funzione della probabilità di superamento del periodo di riferimento V_R , si devono determinare i seguenti parametri:

- a_g accelerazione orizzontale massima al sito;
- F_0 valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T_C * periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Tali parametri sono tabellati a mezzo di coordinate geografiche nell' **Allegato B** alle Norme Tecniche per le Costruzioni " **Tablelle dei parametri che definiscono l'azione sismica**".

Subject:	Progetto Agrivoltaico "LUCERA" -Potenza in Immissione 30 MW con accumulo da 5 MW	Project Code:	IT0PW003.071028
Document Title	Relazione Calcoli Preliminari Strutture	Date:	FEBRUARY 2023
Client:	AMBRA SOLARE 3 S.r.l.	Page:	12

Progetto:	PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO CON ACCUMULO E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE DA REALIZZARSI IN AGRO DI LUCERA E TROIA(FG), DENOMINATO "LUCERA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 30,86 MWP, POTENZA MASSIMA A.C. 25 MW, ACCUMULO PARI A 5 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 30 MW				
Oggetto:	RELAZIONE CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE				
Committente:	AMBRA SOLARE 3 S.r.l.				
Data:	02/2023	Revisione:	1.0		Cod. doc.:

Per i Comuni di **Lucera** e **Troia** (FG) si ha che le coordinate geografiche, utili per la determinazione dei parametri sismici e per la determinazione dello spettro, sono le seguenti:

- o Latitudine: **41.401843°N**
- o Longitudine: **15.423528°E**

Quindi avendo fissato le coordinate geografiche, il periodo di riferimento per la costruzione si ottengono i periodi di ritorno per la determinazione dell'azione sismica per i vari stati limite così come definiti al § 3.2.1. "Stati limite e relative probabilità di superamento" del Decreto Ministeriale 17/01/2018 "Norme Tecniche per le Costruzioni" e secondo le indicazioni della tabella C.3.2.I "Valori di T_R espressi in funzione di V_R " della Circolare Ministero delle infrastrutture e dei trasporti 21 gennaio 2019, n. 7.

Stati Limite		Valori in anni del periodo di ritorno T_R al variare del periodo di riferimento V_R
Stati Limite di Esercizio (SLE)	SLO	$(\dot{)} 30 \text{ anni} \leq T_R = 0,60 \cdot V_R$
	SLD	$T_R = V_R$
Stati Limite Ultimi (SLU)	SLV	$T_R = 9,50 \cdot V_R$
	SLC	$T_R = 19,50 \cdot V_R \leq 2475 \text{ anni} (\dot{)}^1$

Tabella 5: Tabella C.3.2.I "Valori di T_R espressi in funzione di V_R "

Nella tabella seguente si riportano i parametri caratteristici per la determinazione dello spettro di risposta per i vari stati limite:

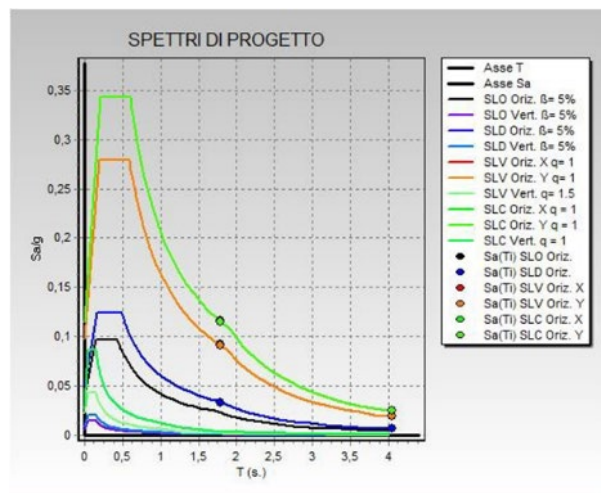


Tabella 6: Parametri caratteristici e spettri di progetto

6.3.2 Azioni della neve

6.3.3 Carico della neve sulle coperture


Secondo quanto definito al § C3.4 "Azioni della neve" della Circolare Ministero delle infrastrutture e dei trasporti 21 gennaio 2019, n. 7- "Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018", si può stimare un diverso valore di riferimento corrispondente a T_n anni di periodo di ritorno impiegando l'espressione:

$$q_{s_n} = q_{s_k} * \left(\frac{1 - v \frac{\sqrt{6}}{\pi} [\ln * (-\ln * (1 - P_n)) + 0,57722]}{(1 - 2,5923v)} \right)$$

Dove:

- q_{s_k} è il valore caratteristico del carico della neve al suolo (con un periodo di ritorno di 50 anni);
- q_{s_n} è il carico della neve al suolo riferito ad un periodo di ritorno di n anni; nel caso in esame, si considera n= 50;
- P_n è la probabilità annuale di superamento (approssimativamente equivalente a $1/n$, dove n è il corrispondente periodo di ritorno espresso in anni);

Subject:	Progetto Agrivoltaico "LUCERA" -Potenza in Immissione 30 MW con accumulo da 5 MW	Project Code:	ITOPW003.071028
Document Title	Relazione Calcoli Preliminari Strutture	Date:	FEBRUARY 2023
Client:	AMBRA SOLARE 3 S.r.l.	Page:	13

Progetto:	PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO CON ACCUMULO E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE DA REALIZZARSI IN AGRO DI LUCERA E TROIA(FG), DENOMINATO "LUCERA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 30,86 MWP, POTENZA MASSIMA A.C. 25 MW, ACCUMULO PARI A 5 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 30 MW			
Oggetto:	RELAZIONE CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE			
Committente:	AMBRA SOLARE 3 S.r.l.			
Data:	02/2023	Revisione:	1.0	Cod. doc.: ITOPW003.PD.01.REL.VIA2_RCPS

- ν è il coefficiente di variazione della serie dei massimi annuali del carico della neve, stimato per la regione considerata. Il coefficiente ν di variazione della serie dei massimi annuali del carico della neve potrà essere assunto, salvo specifici studi adeguati e documentati, pari a $\nu = 0,6$.

6.3.3.1 Valore di riferimento del carico della neve al suolo q_{sk}

Il carico della neve al suolo dipende dalle condizioni locali di clima e di esposizione, considerata la variabilità delle precipitazioni nevose da zona a zona.

In mancanza di adeguate indagini statistiche e specifici studi locali, che tengano conto sia dell'altezza del manto nevoso che della sua densità, il carico di riferimento della neve al suolo, per località poste a quota inferiore a 1500 m sul livello del mare, non dovrà essere assunto minore di quello calcolato in base alle espressioni riportate nel seguito, cui corrispondono valori associati ad un periodo di ritorno pari a 50 anni per le varie zone indicate nella Fig. 6. Tale zonazione non tiene conto di aspetti specifici e locali che, se necessario, devono essere definiti singolarmente.

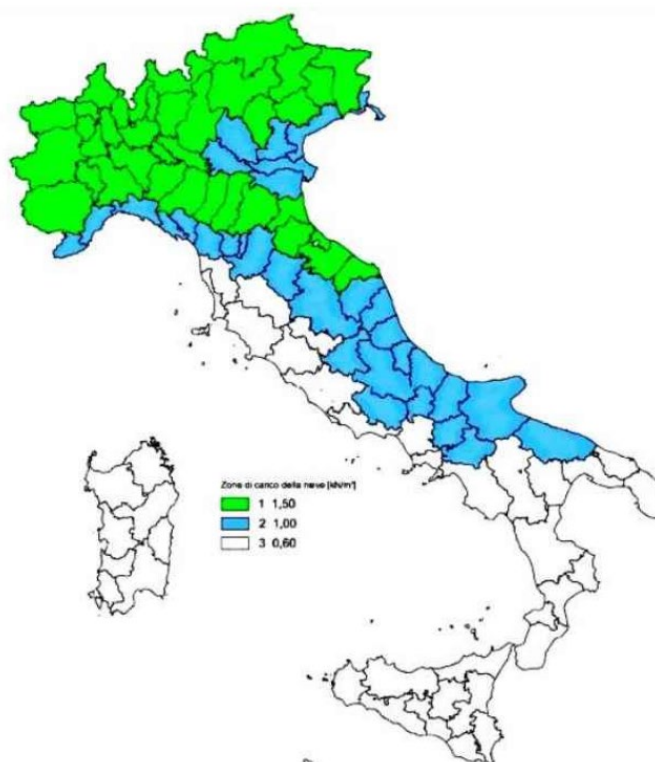


Figura 6: Zone di carico della neve

Nel caso in esame, l'impianto si trova in Zona Neve = 2 e dunque, con un'altitudine di riferimento $a_s \leq 200$ m il valore di riferimento del carico della neve al suolo q_{sk} sarà pari a $1,00 \text{ kN/m}^2$.


Pertanto, il valore caratteristico del carico della neve al suolo (con un periodo di ritorno di 50 anni) sarà: $q_{sn} = 100 \text{ daN/m}^2$.

6.3.3.2 Coefficiente di forma della copertura μ_i

I coefficienti di forma delle coperture dipendono dalla forma stessa della copertura e dall'inclinazione sull'orizzontale delle sue parti componenti e dalle condizioni climatiche locali del sito ove sorge la costruzione.

Secondo quanto definito al § C3.4.3.2 "Copertura ad una falda" della Circolare Ministero delle infrastrutture e dei trasporti 21 gennaio 2019, n. 7- "Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018" (Gazzetta Ufficiale 11/2/2019, n. 35 - Suppl. ord. n. 5)", nel caso di edifici con copertura piana la riduzione del manto sulla copertura, operata dal vento, risulta via via meno efficace al crescere delle dimensioni in pianta dell'edificio.

Subject:	Progetto Agrivoltaico "LUCERA" -Potenza in Immissione 30 MW con accumulo da 5 MW	Project Code:	ITOPW003.071028
Document Title	Relazione Calcoli Preliminari Strutture	Date:	FEBRUARY 2023
Client:	AMBRA SOLARE 3 S.r.l.	Page:	14

Progetto:	PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO CON ACCUMULO E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE DA REALIZZARSI IN AGRO DI LUCERA E TROIA(FG), DENOMINATO "LUCERA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 30,86 MWp, POTENZA MASSIMA A.C. 25 MW, ACCUMULO PARI A 5 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 30 MW				
Oggetto:	RELAZIONE CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE				
Committente:	AMBRA SOLARE 3 S.r.l.				
Data:	02/2023	Revisione:	1.0	Cod. doc.:	ITOPW003.PD.01.REL.VIA2_RCPS

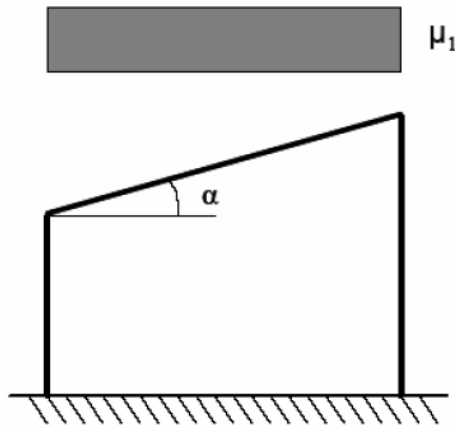


Figura 7: Condizioni di carico per coperture ad una falda

Si raccomanda di tenere conto di questi effetti per coperture estese, attraverso un opportuno incremento del coefficiente μ_1 , di cui alla tabella 3.4.II "Valori del coefficiente di forma", secondo formulazioni contenute in documenti di comprovata validità.

Coefficiente di forma	$0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$	$30^\circ < \alpha < 60^\circ$	$\alpha \geq 60^\circ$
μ_1	0,8	$0,8 \cdot \frac{(60 - \alpha)}{30}$	0,0

Figura 8: Tabella 3.4.II "Valori del coefficiente di forma"

In assenza di indicazioni più specifiche, definita la dimensione equivalente in pianta L_c : $L_c = 2W - W^2/L$

Dove:

- W in m, è la minore delle dimensioni in pianta della copertura;
- L in m, è la maggiore delle dimensioni in pianta della copertura,

il coefficiente μ_1 potrà essere assunto pari a: $\mu_1 = 0,8 * C_{e,F}$

Dove:

- $C_{e,F}$ è assunto pari a 1 per $L_c < 50 m$

Nel caso in esame, $W = 10 m$ e $L = 50 m$, pertanto $L_c = 18 m$ e segue che $\mu_1 = 0,8$.

Si assume che il carico della neve agisca in direzione verticale e lo si riferisce alla proiezione orizzontale della superficie della copertura.

Di conseguenza, il carico provocato dalla neve sulla superficie della copertura sarà:

$$Q_{s_n} = \mu_1 * q_{s_n} = 0,8 * 100 \text{ daN/m}^2 = 80 \text{ daN/m}^2$$

6.3.4 Azione del vento


L'azione del vento è definita secondo quanto definito al § 3.3 "Azioni del vento" del Decreto Ministeriale 17/01/2018 "Norme Tecniche per le Costruzioni".

Il vento, la cui direzione si considera generalmente orizzontale, esercita sulle costruzioni azioni che variano nel tempo e nello spazio provocando, in generale, effetti dinamici. Per le costruzioni tali azioni sono generalmente ricondotte alle azioni statiche equivalenti descritte in seguito.

6.3.4.1 Velocità base di riferimento

La velocità base di riferimento v_b è il valore medio su 10 minuti, a 10 m di altezza sul suolo su un terreno pianeggiante e omogeneo di categoria di esposizione II (vedi Tab. 3.3.II "Parametri per la definizione del coefficiente di esposizione" del Decreto Ministeriale 17/01/2018), riferito ad un periodo di ritorno $T_R = 50$ anni.

Subject:	Progetto Agrivoltaico "LUCERA" -Potenza in Immissione 30 MW con accumulo da 5 MW	Project Code:	ITOPW003.071028
Document Title	Relazione Calcoli Preliminari Strutture	Date:	FEBRUARY 2023
Client:	AMBRA SOLARE 3 S.r.l.	Page:	15

Progetto:	PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO CON ACCUMULO E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE DA REALIZZARSI IN AGRO DI LUCERA E TROIA(FG), DENOMINATO "LUCERA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 30,86 MWP, POTENZA MASSIMA A.C. 25 MW, ACCUMULO PARI A 5 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 30 MW				
Oggetto:	RELAZIONE CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE				
Committente:	AMBRA SOLARE 3 S.r.l.				
Data:	02/2023	Revisione:	1.0		Cod. doc.:

Categoria di esposizione del sito	K_T	z_0 [m]	z_{min} [m]
I	0,17	0,01	2
II	0,19	0,05	4
III	0,20	0,10	5
IV	0,22	0,30	8
V	0,23	0,70	12

Tabella 7: Tab. 3.3.II "Parametri per la definizione del coefficiente di esposizione"

In mancanza di specifiche ed adeguate indagini statistiche, v_b è data dall'espressione:

$$v_b = v_{b,0} * c_a$$

Dove:

- $v_{b,0}$ è la velocità base di riferimento al livello del mare, assegnata nella Tab. 3.3.I "Valori dei parametri $v_{b,0}$, a_0 , k_s " del Decreto Ministeriale 17/01/2018), in funzione della zona in cui sorge la costruzione, che nel caso in esame è pari a **27 m/s**, essendo l'impianto ricadente in **zona 3**;
- c_a è il coefficiente di altitudine, che nel caso in esame è pari a 1, essendo $a_s < a_0$, ovvero l'altitudine sul livello del mare del sito ove sorge l'impianto (193 m) è minore dell'altitudine massima della zona (500 m).

Zona	Descrizione	$v_{b,0}$ [m/s]	a_0 [m]	k_s
1	Valle d'Aosta, Piemonte, Lombardia, Trentino Alto Adige, Veneto, Friuli Venezia Giulia (con l'eccezione della provincia di Trieste)	25	1000	0,40
2	Emilia Romagna	25	750	0,45
3	Toscana, Marche, Umbria, Lazio, Abruzzo, Molise, Puglia, Campania, Basilicata, Calabria (esclusa la provincia di Reggio Calabria)	27	500	0,37
4	Sicilia e provincia di Reggio Calabria	28	500	0,36
5	Sardegna (zona a oriente della retta congiungente Capo Teulada con l'Isola di Maddalena)	28	750	0,40
6	Sardegna (zona a occidente della retta congiungente Capo Teulada con l'Isola di Maddalena)	28	500	0,36
7	Liguria	28	1000	0,54
8	Provincia di Trieste	30	1500	0,50
9	Isole (con l'eccezione di Sicilia e Sardegna) e mare aperto	31	500	0,32

Tabella 8: Tab. 3.3.I "Valori dei parametri $v_{b,0}$, a_0 , k_s "

Dunque, la velocità base di riferimento v_b sarà pari a 27 m/s.

6.3.4.2 Velocità di riferimento

La velocità di riferimento v_r è il valore medio su 10 minuti, a 10 m di altezza dal suolo su un terreno pianeggiante e omogeneo di categoria di esposizione II (vedi Tab. 3.3.II "Parametri per la definizione del coefficiente di esposizione"), riferito al periodo di ritorno di progetto T_R .


In funzione della classificazione dell'opera in termini di vita nominale e coefficienti d'uso definiti per il calcolo dell'azione sismica, si assume che il periodo di ritorno pari a: $T_R = 35$ anni

Secondo quanto prescritto al § C3.3.2 "Velocità di riferimento" della Circolare Ministero delle infrastrutture e dei trasporti 21 gennaio 2019, n. 7- "Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018" (Gazzetta Ufficiale 11/2/2019, n. 35 - Suppl. ord. n. 5)" si ottiene che la velocità di riferimento del vento per un generico periodo di ritorno è:

$$v_b(T_R) = \alpha_R * v_b$$

Dove:

Subject:	Progetto Agrivoltaico "LUCERA" -Potenza in Immissione 30 MW con accumulo da 5 MW	Project Code:	ITOPW003.071028
Document Title	Relazione Calcoli Preliminari Strutture	Date:	FEBRUARY 2023
Client:	AMBRA SOLARE 3 S.r.l.	Page:	16

Progetto:	PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO CON ACCUMULO E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE DA REALIZZARSI IN AGRO DI LUCERA E TROIA(FG), DENOMINATO "LUCERA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 30,86 MWP, POTENZA MASSIMA A.C. 25 MW, ACCUMULO PARI A 5 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 30 MW				
Oggetto:	RELAZIONE CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE				
Committente:	AMBRA SOLARE 3 S.r.l.				
Data:	02/2023	Revisione:	1.0		Cod. doc.:

- v_b è la velocità di riferimento del vento associata a un periodo di ritorno di 50 anni;
- α_R è un coefficiente fornito dalla Figura 8 e dall'espressione: $\alpha_R = 0,75 \sqrt{1 - 0,2 * \ln \left[-\ln \left(1 - \frac{1}{T_R} \right) \right]}$

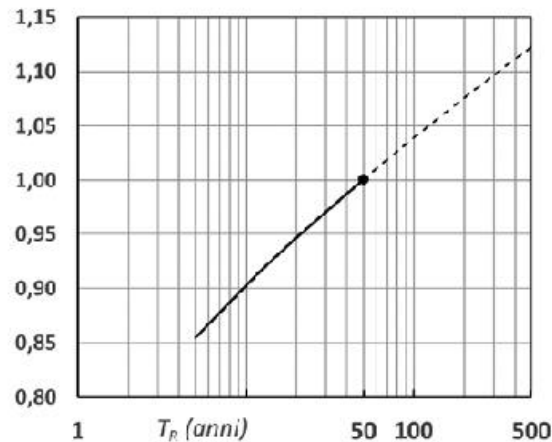


Figura 9: Figura C3.3.1- Valori del coefficiente α_R in funzione del periodo di ritorno T_R

Essendo il periodo di ritorno pari a 35 anni, α_R pari a 0.98 ed il valore della velocità di riferimento del vento v_r , risulta pari a 26,46 m/s.

6.3.4.3 Pressione del vento

La pressione del vento p viene espressa in termini di pressione esercitata sulle pareti investite in direzione ortogonale alla direzione del vento; si determina dalla formula esplicitata al § 3.3.4 "Pressione del vento" del DM 17/01/2018, secondo la formula:

$$p = q_r * c_e * c_p * c_d$$

dove:

- q_r è la pressione cinetica di riferimento;
- c_e è il coefficiente di esposizione;
- c_p è il coefficiente di pressione, funzione della tipologia e della geometria della costruzione e del suo orientamento rispetto alla direzione del vento;
- c_d è il coefficiente dinamico, con cui si tiene conto degli effetti riduttivi associati alla non contemporaneità delle massime pressioni locali e degli effetti amplificativi dovuti alle vibrazioni strutturali, esso può essere assunto cautelativamente pari ad 1.

6.3.4.3.1 Pressione cinetica di riferimento

La pressione cinetica di riferimento q_r è determinato al § 3.3.6 "Pressione cinetica di riferimento" del DM 17/01/2018, secondo la formula:

$$q_r = \frac{1}{2} * \rho * v_r^2$$

Dove:

- ρ è la densità dell'aria assunta convenzionalmente costante e pari a 1,25 Kg/m³;
- v_r è la velocità di riferimento del vento di cui al § 6.3.4.2, pari a 26,46 m/s.

Si ottiene quindi:

$$q_r = 437,6 \frac{N}{m^2}$$

6.3.4.3.2 Coefficiente di esposizione


Secondo quanto definito nel § 3.3.7 "Coefficiente di esposizione" del DM 17/01/2018, il coefficiente di esposizione c_e dipende dall'altezza z sul suolo del punto considerato, dalla topografia del terreno e dalla categoria di esposizione del sito ove sorge la costruzione. In assenza di analisi specifiche che tengano in conto la direzione di provenienza del vento e l'effettiva scabrezza e topografia del terreno che circonda la costruzione, per altezze sul suolo non maggiori di $z = 200$ m, esso è dato dalla formula:

$$c_e(z) = k_r^2 * c_t * \ln \left(\frac{z}{z_0} \right) \left[7 + c_t * \ln \left(\frac{z}{z_0} \right) \right] \text{ per } z \geq z_{min}$$

$$c_e(z) = c_e(z_{min}) \text{ per } z < z_{min}$$

Dove:

Subject:	Progetto Agrivoltaico "LUCERA" -Potenza in Immissione 30 MW con accumulo da 5 MW	Project Code:	ITOPW003.071028
Document Title	Relazione Calcoli Preliminari Strutture	Date:	FEBRUARY 2023
Client:	AMBRA SOLARE 3 S.r.l.	Page:	17

Progetto:	PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO CON ACCUMULO E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE DA REALIZZARSI IN AGRO DI LUCERA E TROIA(FG), DENOMINATO "LUCERA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 30,86 MW, POTENZA MASSIMA A.C. 25 MW, ACCUMULO PARI A 5 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 30 MW				
Oggetto:	RELAZIONE CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE				
Committente:	AMBRA SOLARE 3 S.r.l.				
Data:	02/2023	Revisione:	1.0		Cod. doc.:

- k_r , z_0 e z_{min} sono assegnati in Tab. 3.3. Il "Parametri per la definizione del coefficiente di esposizione" (Tabella 8) in funzione della categoria di esposizione del sito ove sorge la costruzione;
- c_t è il coefficiente di topografia, posto pari a 1 per le zone pianeggianti.

La categoria di esposizione è assegnata nella Fig. 10 in funzione della posizione geografica del sito ove sorge la costruzione e della classe di rugosità del terreno. Nelle fasce entro 40 km dalla costa, la categoria di esposizione è indipendente dall'altitudine del sito.

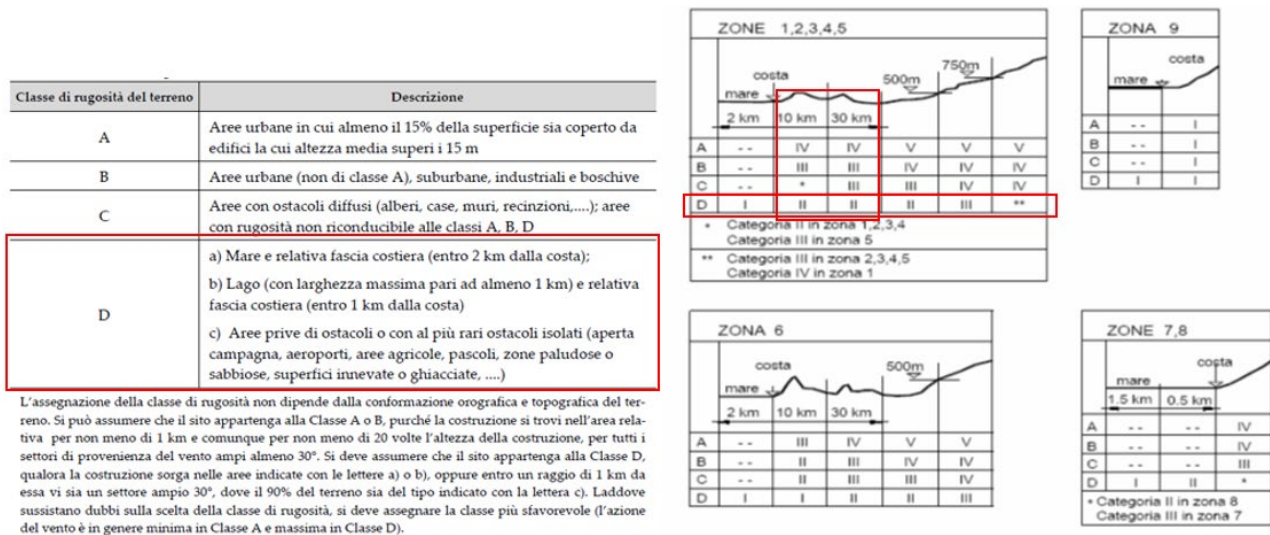


Figura 10: Definizione delle categorie di esposizione

Nel caso in esame, essendo II la categoria di esposizione del sito e D la classe di rugosità del terreno, i valori di k_r , z_0 e z_{min} sono i seguenti:

$$k_r = 0,19;$$

$$z_0 = 0,05 \text{ m};$$

$$z_{min} = 4 \text{ m}.$$

Dunque, ponendo $z = 11 \text{ m}$, in definitiva il coefficiente di esposizione è dato da:

$$c_e(z) = k_r^2 * c_t * \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) \left[7 + c_t * \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) \right] = 2,413$$

6.3.4.3.3 Coefficiente di pressione

Conformemente a quanto indicato nella CM 21/01/2019 "Istruzioni per l'Applicazione dell'Aggiornamento della Norme tecniche per le Costruzioni di cui al Decreto Ministeriale 17/01/2018", al § C3.3.8.1.2 "Coperture piane", per il vento spirante in direzione parallela alla linea di colmo (direzione Y) si sono considerate le azioni relative alle Coperture Piane, utilizzando il coefficiente:

Fascia sopravento di profondità pari al minimo tra $b/2$ e h :	$c_{pe,A} = -0,80$
Restanti zone	$c_{pe,B} = \pm 0,20$


Tabella 9: Edifici rettangolari: c_{pe} per coperture piane

$c_{pe,A} = -0.80$, e pertanto una pressione normale alla copertura diretta verso l'alto sarà pari a:

$$p = 437.6 * 2,413 * (-0,8) * 1 = -84,45 \frac{N}{m^2}$$

Le relative azioni sono state applicate agli elementi shell in copertura. Lo stesso carico è stato utilizzato anche per la direzione del vento -Y.

Subject:	Progetto Agrivoltaico "LUCERA" -Potenza in Immissione 30 MW con accumulo da 5 MW	Project Code:	ITOPW003.071028
Document Title	Relazione Calcoli Preliminari Strutture	Date:	FEBRUARY 2023
Client:	AMBRA SOLARE 3 S.r.l.	Page:	18

Progetto:	PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO CON ACCUMULO E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE DA REALIZZARSI IN AGRO DI LUCERA E TROIA(FG), DENOMINATO "LUCERA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 30,86 MWp, POTENZA MASSIMA A.C. 25 MW, ACCUMULO PARI A 5 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 30 MW				
Oggetto:	RELAZIONE CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE				
Committente:	AMBRA SOLARE 3 S.r.l.				
Data:	02/2023	Revisione:	1.0		Cod. doc.:

Conformemente a quanto indicato nella CM 21/01/2019 "Istruzioni per l'Applicazione dell'Aggiornamento della Norme tecniche per le Costruzioni di cui al Decreto Ministeriale 17/01/2018", al § C3.3.8.2.1 "Tettoie a falda singola", per il vento spirante in direzione normale alla linea di colmo (direzione X), sono state configurate le quattro combinazioni di carico per le verifiche globali, definite nei casi di carico con i nomi:

- V.Glob.X+_{C_F}⁻
- V.Glob.X+_{C_F}⁺
- V.Glob.X-_{C_F}⁻
- V.Glob.X-_{C_F}⁺

Relative alle combinazioni normative riportate all'immagine che segue:

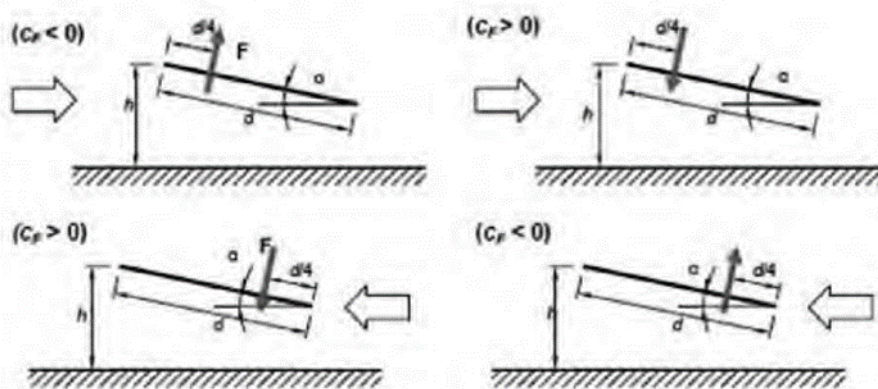


Figura 11: Tettoie a semplice falda: posizione del punto di applicazione della forza risultante in funzione della direzione di provenienza del vento e della direzione della forza

Valori positivi	Tutti i valori di ϕ	$c_F = +0,2 + \alpha/30$
Valori negativi	$\phi = 0$ $\phi = 1$	$c_F = -0,5 - 1,3 \cdot \alpha/30$ $c_F = -1,4$

Tabella 10: Tabella C3.3. XV "Coefficienti di forza per tettoie a semplice falda (α in °)"

Di seguito il calcolo dei coefficienti:

- Per valori positivi e per tutti i valori di ϕ , con $\alpha = 5^\circ$: $Cf^+ = +0,2 + 5/30 = 0,37$
- Per valori negativi e per $\phi = 1$: $Cf^- = -1,4$

Di conseguenza, la forza agente sul pannello per unità di superficie vale:

$$p^+ = 437,6 * 2,413 * (0,37) * 1 = 390,7 \frac{N}{m^2}$$

se positivo, ossia se tende a schiacciare il pannello;

mentre se negativo, ossia se tende a sollevare il pannello, la forza agente sul pannello per unità di superficie vale:

$$p^- = 437,6 * 2,413 * (-1,4) * 1 = -1478,3 \frac{N}{m^2}$$


6.3.4.4 Pressione cinetica di picco

La pressione cinetica di picco q_p si calcola a partire dalla pressione cinetica di riferimento di progetto q_r e dal coefficiente di esposizione c_e , attraverso la relazione:

$$q_p(z) = q_r * c_e(z) = 1,05 \frac{kN}{m^2}$$

(dove 11 m dal piano campagna è la massima elevazione della linea di colmo).

Subject:	Progetto Agrivoltaico "LUCERA" -Potenza in Immissione 30 MW con accumulo da 5 MW	Project Code:	ITOPW003.071028
Document Title	Relazione Calcoli Preliminari Strutture	Date:	FEBRUARY 2023
Client:	AMBRA SOLARE 3 S.r.l.	Page:	19

Progetto:	PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO CON ACCUMULO E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE DA REALIZZARSI IN AGRO DI LUCERA E TROIA(FG), DENOMINATO "LUCERA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 30,86 MWp, POTENZA MASSIMA A.C. 25 MW, ACCUMULO PARI A 5 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 30 MW				
Oggetto:	RELAZIONE CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE				
Committente:	AMBRA SOLARE 3 S.r.l.				
Data:	02/2023	Revisione:	1.0		Cod. doc.:

6.3.4.5 Azione tangente del vento

Assieme alle azioni su citate, sono state considerate le azioni del vento tangenziale calcolate come segue ed applicate ad ambo le direzioni X e Y di applicazione dei carichi.

Ai sensi del § 3.3.5. "Azione Tangente del Vento" del Decreto Ministeriale 17/01/2018 "Norme tecniche per le costruzioni", l'azione tangente per unità di superficie parallela alla direzione del vento è data dall'espressione:

$$p_f = q_r * c_e * c_f \left[\frac{N}{m^2} \right]$$

Dove:

- q_r è la pressione cinetica di picco definita precedentemente;
- c_e è il coefficiente di esposizione;
- c_f è il coefficiente d'attrito funzione della scabrezza della superficie sulla quale il vento esercita l'azione tangente. Nel nostro caso si assumerà c_f pari a 0,01.

In definitiva si ottiene che l'azione del vento tangente è pari a:

$$p_f = 437,6 * 2.413 * 0,01 = 10,56 \frac{N}{m^2}$$

6.3.5 Azione della temperatura

Variazioni giornaliere e stagionali della temperatura esterna, irraggiamento solare e convezione comportano variazioni della distribuzione di temperatura nei singoli elementi strutturali.

La severità delle azioni termiche è in generale influenzata da più fattori, quali le condizioni climatiche del sito, l'esposizione, la massa complessiva della struttura e la eventuale presenza di elementi non strutturali isolanti.

6.3.5.1 Temperatura dell'aria esterna


In mancanza di adeguate indagini statistiche basate su dati specifici relativi al sito in esame, T_{max} o T_{min} dovranno essere calcolati in base alle espressioni riportate nel seguito e definite al § 3.5.2. "Temperatura dell'aria esterna" del Decreto Ministeriale 17/01/2018 "Norme tecniche per le costruzioni", per le varie zone indicate nella Figura 12. Tale zonazione non tiene conto di aspetti specifici e locali che, se necessario, dovranno essere definiti singolarmente.



Figura 12: Zone della temperatura dell'aria esterna.

Nelle espressioni seguenti, T_{max} o T_{min} sono espressi in °C; l'altitudine di riferimento a_s (espressa in m) è la quota del suolo sul livello del mare nel sito dove è realizzata la costruzione e nel nostro caso è pari 193 m.

Subject:	Progetto Agrivoltaico "LUCERA" -Potenza in Immissione 30 MW con accumulo da 5 MW	Project Code:	ITOPW003.071028
Document Title	Relazione Calcoli Preliminari Strutture	Date:	FEBRUARY 2023
Client:	AMBRA SOLARE 3 S.r.l.	Page:	20

Progetto:	PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO CON ACCUMULO E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE DA REALIZZARSI IN AGRO DI LUCERA E TROIA(FG), DENOMINATO "LUCERA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 30,86 MWP, POTENZA MASSIMA A.C. 25 MW, ACCUMULO PARI A 5 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 30 MW				
Oggetto:	RELAZIONE CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE				
Committente:	AMBRA SOLARE 3 S.r.l.				
Data:	02/2023	Revisione:	1.0		Cod. doc.:

Nel caso in esame, l'impianto si trova in zona III (Marche, Abruzzo, Molise, Puglia), pertanto le formule sono le seguenti:

- $T_{min} = -8 - 7 \times \frac{a_s}{1000} = -9,35 \text{ }^\circ\text{C}$;
- $T_{max} = -42 - 0,3 \times \frac{a_s}{1000} = 41,94 \text{ }^\circ\text{C}$.

6.3.5.2 Temperatura dell'aria interna

Come definito al § 3.5.3. "Temperatura dell'aria interna" del Decreto Ministeriale 17/01/2018 "Norme tecniche per le costruzioni" In mancanza di più precise valutazioni, legate alla tipologia della costruzione ed alla sua destinazione d'uso, la temperatura dell'aria interna, T_{int} , può essere assunta pari a 20 °C.


6.3.5.3 Effetti delle azioni termiche

Per la valutazione degli effetti delle azioni termiche, si può fare riferimento ai coefficienti di dilatazione termica a temperatura ambiente α_T riportati in Tab. 3.5.III. "Coefficienti di dilatazione termica a temperatura ambiente" del Decreto Ministeriale 17/01/2018 "Norme tecniche per le costruzioni":

Materiale	α_T [$10^{-6}/^\circ\text{C}$]
Alluminio	24
Acciaio da carpenteria	12
Calcestruzzo strutturale	10
Strutture miste acciaio-calcestruzzo	12
Calcestruzzo alleggerito	7
Muratura	6 ÷ 10
Legno (parallelo alle fibre)	5
Legno (ortogonale alle fibre)	30 ÷ 70

Figura 13: Tab. 3.5.III "Coefficienti di dilatazione termica a temperatura ambiente"

Subject:	Progetto Agrivoltaico "LUCERA" -Potenza in Immissione 30 MW con accumulo da 5 MW	Project Code:	IT0PW003.071028
Document Title	Relazione Calcoli Preliminari Strutture	Date:	FEBRUARY 2023
Client:	AMBRA SOLARE 3 S.r.l.	Page:	21

Progetto:	PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO CON ACCUMULO E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE DA REALIZZARSI IN AGRO DI LUCERA E TROIA(FG), DENOMINATO "LUCERA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 30,86 MWp, POTENZA MASSIMA A.C. 25 MW, ACCUMULO PARI A 5 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 30 MW				
Oggetto:	RELAZIONE CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE				
Committente:	AMBRA SOLARE 3 S.r.l.				
Data:	02/2023	Revisione:	1.0		Cod. doc.:

7. COMBINAZIONE DI CARICO

Nel caso di costruzioni civili ed industriali le verifiche agli stati limite ultimi o di esercizio devono essere effettuate per la combinazione dell'azione sismica con le altre azioni secondo la relazione

$$G_1 + G_2 + P + E + \sum_j \psi_{2j} Q_{kj}$$

E rappresenta l'azione sismica per lo stato limite in esame.

Per tale azione si combina il sisma nelle due direzioni principali ortogonali tra loro e quella verticale secondo le combinazioni:

$$E_x + 0.33 \cdot E_y + 0.33 \cdot E_z$$

$$0.33 \cdot E_x + E_y + 0.33 \cdot E_z$$

$$0.33 \cdot E_x + 0.33 \cdot E_y + E_z$$

Dove:

- G_1 rappresenta il peso proprio di tutti gli elementi strutturali; peso proprio del terreno, quando pertinente; forze indotte dal terreno; forze risultanti dalla pressione dell'acqua;
- G_2 rappresenta il peso proprio di tutti gli elementi non strutturali;
- P valore dell'azione di precompressione e pretensione;
- $\psi_{2,j}$ coefficiente di combinazione delle azioni variabili Q_j ;
- Q_{kj} rappresentano le azioni sulla struttura o sull'elemento strutturale con valori istantanei che possono risultare sensibilmente diversi nel tempo

Oltre alla combinazione delle azioni agenti con il sisma, vanno considerate anche le combinazioni dell'azioni agenti per ogni stato limite considerato.

In dettaglio al § 2.5.3. "Combinazioni delle azioni" del DM 17/01/2018, si ha:

- Combinazione fondamentale, generalmente impiegata per gli stati limite ultimi (SLU):

$$\gamma_{G1} G_1 + \gamma_{G2} G_2 + \gamma_P P + \gamma_{Q1} Q_{k1} + \sum_{i=2}^n \psi_{0i} \gamma_{Q1} Q_{ki}$$

- Combinazione frequente, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) reversibili:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} Q_{k1} + \sum_{i=2}^n \psi_{2i} Q_{ki}$$

- Combinazione quasi permanente (SLE), generalmente impiegata per gli effetti a lungo termine:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{21} Q_{k1} + \sum_{i=2}^n \psi_{2i} Q_{ki}$$

I valori dei coefficienti $\psi_{0,j}$, $\psi_{1,j}$ e $\psi_{2,j}$ per la determinazione delle combinazioni sono riportati nella tabella 2.5.I "Valori dei coefficienti di combinazione" del DM 17/01/2018:

Subject:	Progetto Agrivoltaico "LUCERA" -Potenza in Immissione 30 MW con accumulo da 5 MW	Project Code:	ITOPW003.071028
Document Title	Relazione Calcoli Preliminari Strutture	Date:	FEBRUARY 2023
Client:	AMBRA SOLARE 3 S.r.l.	Page:	22


Progetto:	PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO CON ACCUMULO E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE DA REALIZZARSI IN AGRO DI LUCERA E TROIA(FG), DENOMINATO "LUCERA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 30,86 MW, POTENZA MASSIMA A.C. 25 MW, ACCUMULO PARI A 5 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 30 MW				
Oggetto:	RELAZIONE CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE				
Committente:	AMBRA SOLARE 3 S.r.l.				
Data:	02/2023	Revisione:	1.0		Cod. doc.:

Tabella 2.5.I – Valori dei coefficienti di combinazione

Categoria/Azione variabile	Ψ_{0i}	Ψ_{1j}	Ψ_{2j}
Categoria A Ambienti ad uso residenziale	0,7	0,5	0,3
Categoria B Uffici	0,7	0,5	0,3
Categoria C Ambienti suscettibili di affollamento	0,7	0,7	0,6
Categoria D Ambienti ad uso commerciale	0,7	0,7	0,6
Categoria E Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale	1,0	0,9	0,8
Categoria F Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso ≤ 30 kN)	0,7	0,7	0,6
Categoria G Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso > 30 kN)	0,7	0,5	0,3
Categoria H Coperture	0,0	0,0	0,0
Vento	0,6	0,2	0,0
Neve (a quota ≤ 1000 m s.l.m.)	0,5	0,2	0,0
Neve (a quota > 1000 m s.l.m.)	0,7	0,5	0,2
Variazioni termiche	0,6	0,5	0,0

Tabella 11: Tabella 2.5.I. "Valori dei coefficienti di combinazione"

Per quanto riguarda le verifiche agli SLU, queste devono essere eseguite per tutte le più gravose condizioni di carico.

Al § 2.6.1. "Stati limite ultimi" del DM 17/01/20018 si distinguono 3 stati limite ultimi:

- Lo stato limite di equilibrio come corpo rigido (EQU);
- Lo stato limite di resistenza della struttura compresi gli elementi di fondazione (STR);
- Lo stato limite di resistenza del terreno (GEO).

Per la struttura in oggetto, si sono considerati gli stati limite di equilibrio (EQU) e lo stato limite di resistenza (STR).

In base a tale scelta ed alla **tabella 2.6.I "Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni nelle verifiche allo SLU"** del DM 17/01/2018.

Tab. 2.6.I – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni nelle verifiche SLU


		Coefficiente	EQU	A1	A2
		γ_f			
Carichi permanenti G_1	Favorevoli	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevoli		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti non strutturali $G_2^{(1)}$	Favorevoli	γ_{G2}	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3
Azioni variabili Q	Favorevoli	γ_Q	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3

⁽¹⁾ Nel caso in cui l'intensità dei carichi permanenti non strutturali o di una parte di essi (ad es. carichi permanenti portati) sia ben definita in fase di progetto, per detti carichi o per la parte di essi nota si potranno adottare gli stessi coefficienti parziali validi per le azioni permanenti.

Tabella 12: Tabella 2.6.I "Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni nelle verifiche allo SLU"

si sono determinati i coefficienti parziali γ_{G1} , γ_{G2} , γ_{Qi} per le varie combinazioni agli SLU.

Subject:	Progetto Agrivoltaico "LUCERA" -Potenza in Immissione 30 MW con accumulo da 5 MW	Project Code:	IT0PW003.071028
Document Title	Relazione Calcoli Preliminari Strutture	Date:	FEBRUARY 2023
Client:	AMBRA SOLARE 3 S.r.l.	Page:	23

Progetto:	PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO CON ACCUMULO E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE DA REALIZZARSI IN AGRO DI LUCERA E TROIA(FG), DENOMINATO "LUCERA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 30,86 MWP, POTENZA MASSIMA A.C. 25 MW, ACCUMULO PARI A 5 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 30 MW				
Oggetto:	RELAZIONE CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE				
Committente:	AMBRA SOLARE 3 S.r.l.				
Data:	02/2023	Revisione:	1.0		Cod. doc.:

8. MODELLAZIONE STRUTTURALE


Si è implementato il modello strutturale con il programma di calcolo **CDS2019**. Gli elementi strutturali, quali arcarecci, puntone, pilastri, montanti e controventi si sono modellati tramite elementi "frame".

8.1 Geometria portale tipo

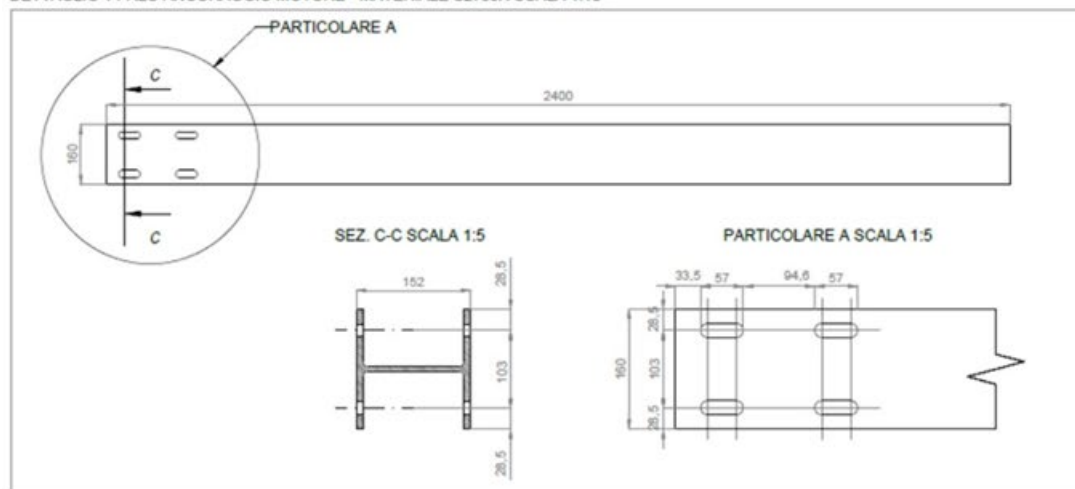
Pendenza della copertura:	TILT VAR
Passo portali:	6.40 – 6.75 m
Schema statico:	Portali in acciaio incastrati alla base
Acciaio utilizzato:	S275JR $f_d=275$ N/mm²
	S235JR $f_d=235$ N/mm²

I profili utilizzati come in figura:

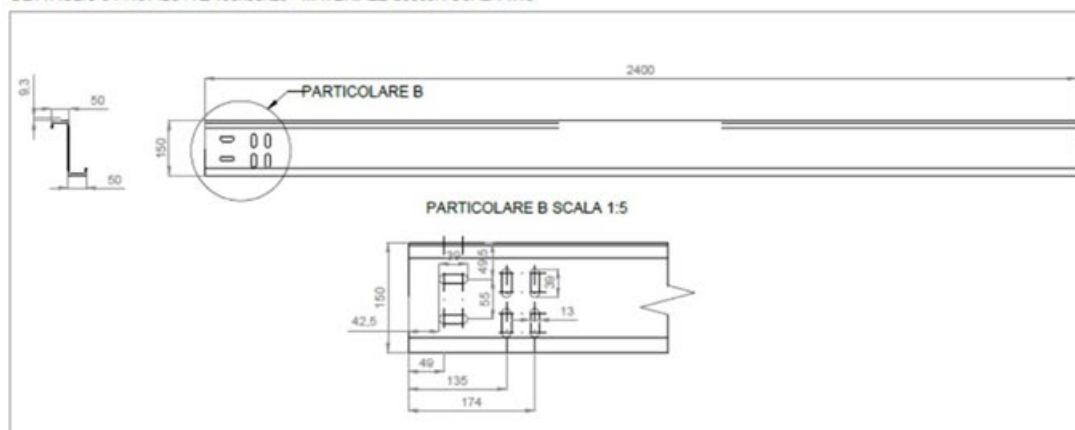
Subject:	Progetto Agrivoltaico "LUCERA" -Potenza in Immissione 30 MW con accumulo da 5 MW	Project Code:	ITOPW003.071028
Document Title	Relazione Calcoli Preliminari Strutture	Date:	FEBRUARY 2023
Client:	AMBRA SOLARE 3 S.r.l.	Page:	24

Progetto:	PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO CON ACCUMULO E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE DA REALIZZARSI IN AGRO DI LUCERA E TROIA(FG), DENOMINATO "LUCERA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 30,86 MWP, POTENZA MASSIMA A.C. 25 MW, ACCUMULO PARI A 5 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 30 MW				
Oggetto:	RELAZIONE CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE				
Committente:	AMBRA SOLARE 3 S.r.l.				
Data:	02/2023	Revisione:	1.0		Cod. doc.:

DETTAGLIO 1 PALO ANCORAGGIO MOTORE - MATERIALE S275JR SCALA 1:10



DETTAGLIO 5 PROFILO A Z 150x50x20 - MATERIALE S355JR SCALA 1:10



DETTAGLIO 3 OMEGA 65X30X25 - MATERIALE S280GD SCALA 1:5

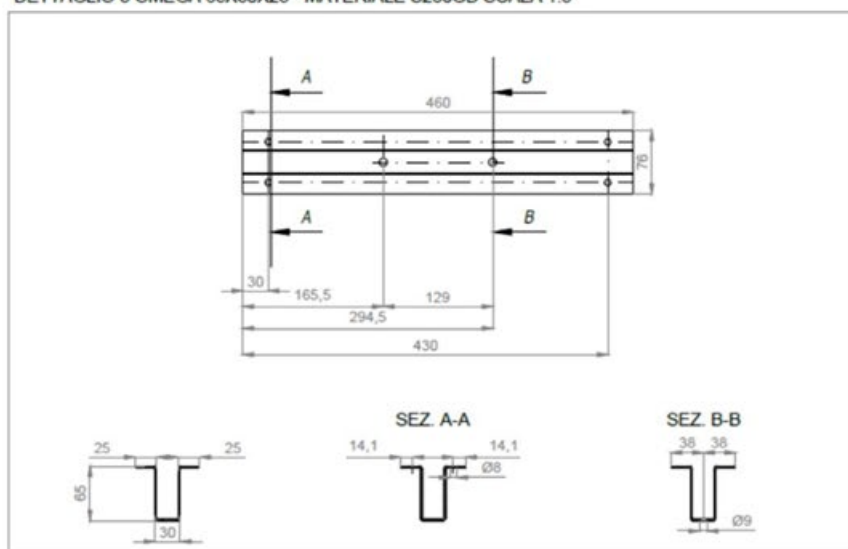



Figura 14: Dettaglio profili strutture

Subject:	Progetto Agrivoltaico "LUCERA" -Potenza in Immissione 30 MW con accumulo da 5 MW	Project Code:	IT0PW003.071028
Document Title	Relazione Calcoli Preliminari Strutture	Date:	FEBRUARY 2023
Client:	AMBRA SOLARE 3 S.r.l.	Page:	25

Progetto:	PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO CON ACCUMULO E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE DA REALIZZARSI IN AGRO DI LUCERA E TROIA(FG), DENOMINATO "LUCERA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 30,86 MWP, POTENZA MASSIMA A.C. 25 MW, ACCUMULO PARI A 5 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 30 MW				
Oggetto:	RELAZIONE CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE				
Committente:	AMBRA SOLARE 3 S.r.l.				
Data:	02/2023	Revisione:	1.0	Cod. doc.:	

9. OUTPUT DEI RISULTATI

Si sono effettuate le verifiche sui profilati considerando nel calcolo delle sollecitazioni l'effettivo peso degli elementi costituenti il portale, comprendendo anche profilati, fazzoletti di collegamento, imbottiture irrigidenti, saldature e bullonature, con il programma di calcolo **CDSWIN 2019**;

Considerate le seguenti combinazioni di carico, di seguito i risultati delle verifiche:

DESCRIZIONI	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Peso Strutturale	1,30	1,30	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
PERM	1,50	1,50	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
NEVE	1,50	0,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
VENTO	0,90	1,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sisma direz. grd 0	0,00	0,00	1,00	1,00	-1,00	-1,00	0,30	0,30	-0,30	-0,30
Sisma direz. grd 90	0,00	0,00	0,30	-0,30	0,30	-0,30	1,00	-1,00	1,00	-1,00

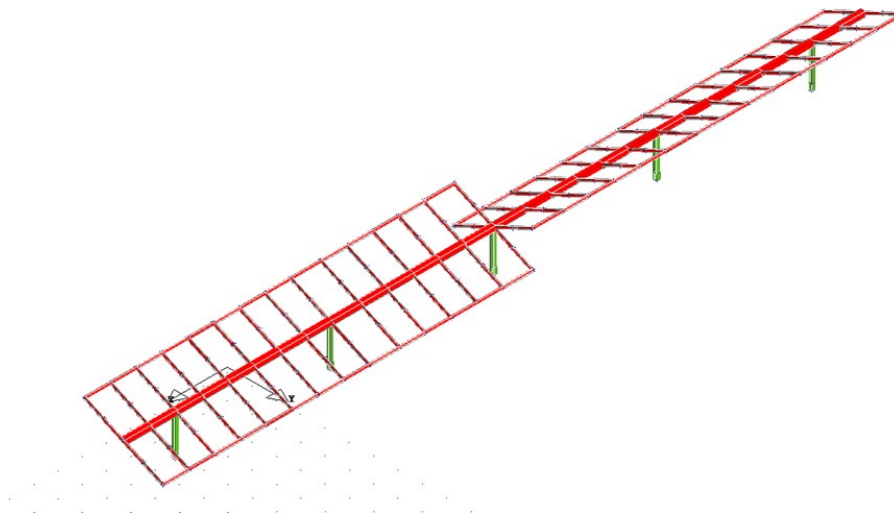


Figura 15: Modello tridimensionale

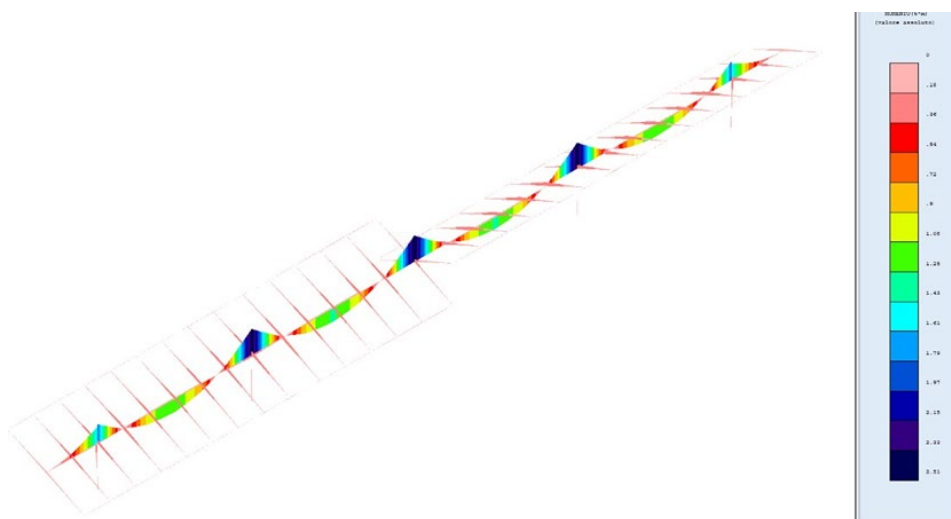



Figura 16: Diagramma sollecitazioni Mx My Comb1

Subject:	Progetto Agrivoltaico "LUCERA" -Potenza in Immissione 30 MW con accumulo da 5 MW	Project Code:	ITOPW003.071028
Document Title	Relazione Calcoli Preliminari Strutture	Date:	FEBRUARY 2023
Client:	AMBRA SOLARE 3 S.r.l.	Page:	26

Progetto:	PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO CON ACCUMULO E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE DA REALIZZARSI IN AGRO DI LUCERA E TROIA(FG), DENOMINATO "LUCERA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 30,86 MWP, POTENZA MASSIMA A.C. 25 MW, ACCUMULO PARI A 5 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 30 MW				
Oggetto:	RELAZIONE CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE				
Committente:	AMBRA SOLARE 3 S.r.l.				
Data:	02/2023	Revisione:	1.0		Cod. doc.:

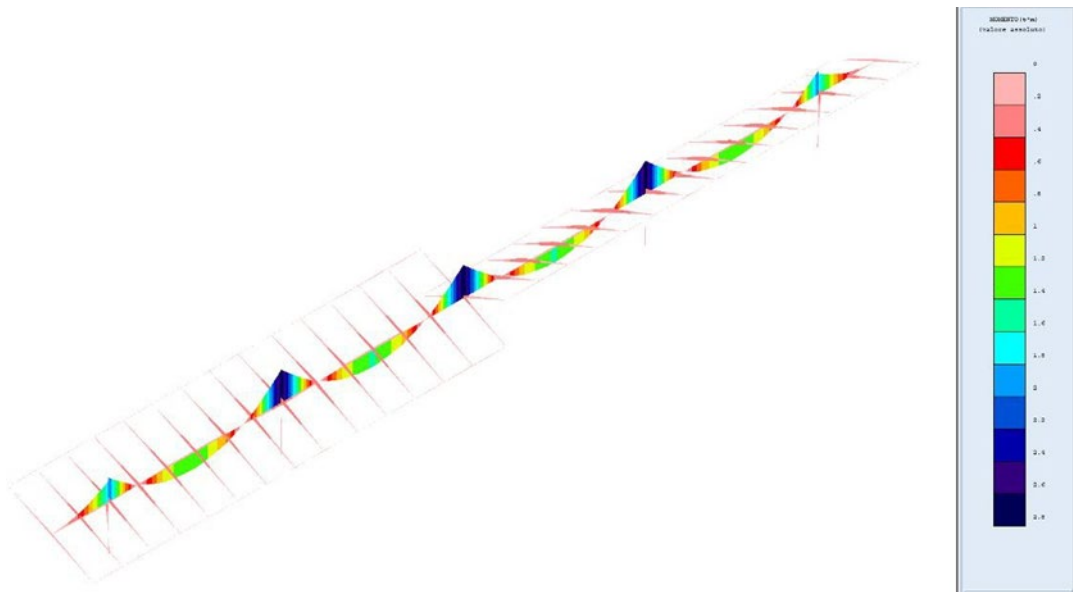


Figura 17: Diagramma sollecitazioni Mx My Comb2 (vento)

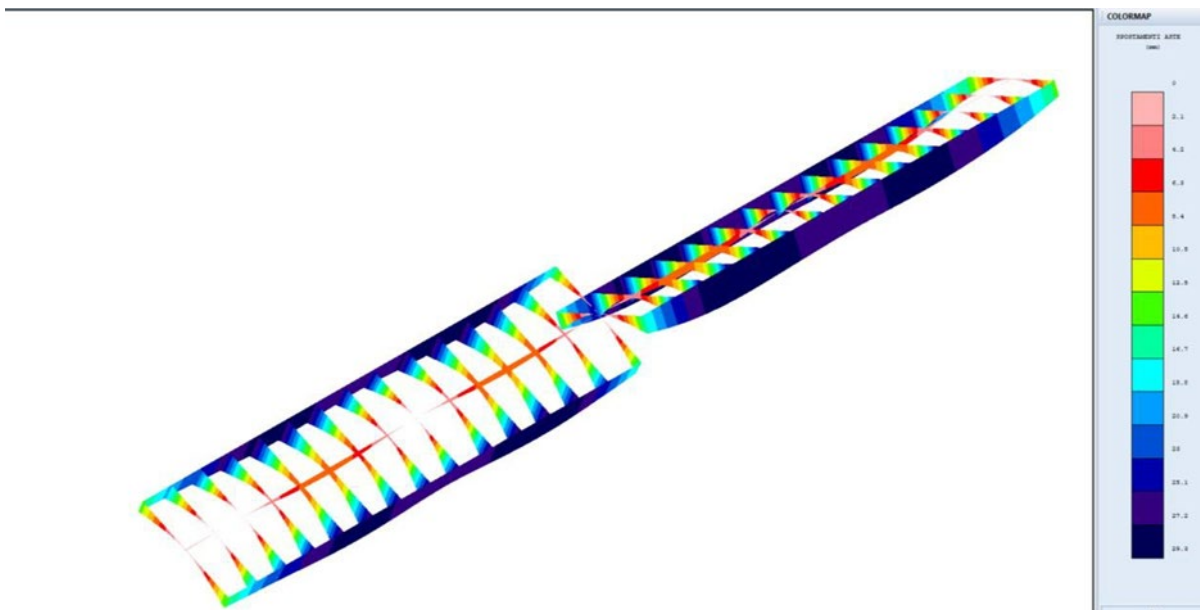



Figura 18: Diagramma spostamenti Comb2 (vento)

Progetto:	PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO CON ACCUMULO E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE DA REALIZZARSI IN AGRO DI LUCERA E TROIA(FG), DENOMINATO "LUCERA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 30,86 MWP, POTENZA MASSIMA A.C. 25 MW, ACCUMULO PARI A 5 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 30 MW				
Oggetto:	RELAZIONE CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE				
Committente:	AMBRA SOLARE 3 S.r.l.				
Data:	02/2023	Revisione:	1.0		Cod. doc.:

10. CLASSIFICAZIONE SEZIONI

Tali profili vengono classificati in accordo con le prescrizioni del § 4.2.3.1 "Classificazione delle sezioni" del DM 17/01/2018, delle Tabelle 4.2.III "Massimi rapporti larghezza spessore per parti compresse" e del § C4.2.12.1.4 "Classificazione delle sezioni, instabilità locale e distorsione delle sezioni trasversali della Circolare Ministeriale n° 7" del 21/01/2019.

Le sezioni trasversali si classificano in funzione della loro capacità rotazionale.


Parti interne compresse						
Classe	Parte soggetta a flessione	Parte soggetta a compressione	Parte soggetta a flessione e a compressione			
Distribuzione delle tensioni nelle parti (compressione positiva)						
1	$c/t \leq 72\epsilon$	$c/t \leq 33\epsilon$	quando $\alpha > 0,5 : c/t \leq \frac{396\epsilon}{13\alpha - 1}$ quando $\alpha \leq 0,5 : c/t \leq \frac{36\epsilon}{\alpha}$			
2	$c/t \leq 83\epsilon$	$c/t \leq 38\epsilon$	quando $\alpha > 0,5 : c/t \leq \frac{456\epsilon}{13\alpha - 1}$ quando $\alpha \leq 0,5 : c/t \leq \frac{41,5\epsilon}{\alpha}$			
Distribuzione delle tensioni nelle parti (compressione positiva)						
3	$c/t \leq 124\epsilon$	$c/t \leq 42\epsilon$	quando $\psi > -1 : c/t \leq \frac{42\epsilon}{0,67 + 0,33\psi}$ quando $\psi \leq -1 : c/t \leq 62\epsilon(1 - \psi)\sqrt{-\psi}$			
$\epsilon = \sqrt{235/f_{yk}}$	f_{yk}	235	275	355	420	460
	ϵ	1,00	0,92	0,81	0,75	0,71

*) $\psi \leq -1$ si applica se la tensione di compressione $\sigma \leq f_{yk}$ o la deformazione a trazione $\epsilon_y > f_{yk}/E$

Figura 19: Classificazione sezioni

Dalla classificazione risulta che il profilo **Tubo Quadro 120*120*3** E **OMEGA 65x30x25** sono di classe 3, mentre il profilo **HEA160** è di classe 1.

Subject:	Progetto Agrivoltaico "LUCERA" -Potenza in Immissione 30 MW con accumulo da 5 MW	Project Code:	ITOPW003.071028
Document Title	Relazione Calcoli Preliminari Strutture	Date:	FEBRUARY 2023
Client:	AMBRA SOLARE 3 S.r.l.	Page:	28

Progetto:	PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO CON ACCUMULO E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE DA REALIZZARSI IN AGRO DI LUCERA E TROIA(FG), DENOMINATO "LUCERA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 30,86 MWP, POTENZA MASSIMA A.C. 25 MW, ACCUMULO PARI A 5 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 30 MW				
Oggetto:	RELAZIONE CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE				
Committente:	AMBRA SOLARE 3 S.r.l.				
Data:	02/2023	Revisione:	1.0	Cod. doc.:	

11. VERIFICHE DEI COLLEGAMENTI

Per tutte le unioni si utilizzeranno bulloni ad alta resistenza ed in particolare:

Viti classe 8.8

Dadi classe 8G

conformi con le caratteristiche di resistenza della **Tabella 11.3. XIII.b** del § 11.3.4.6. "Bulloni e chiodi" del DM 17/01/2018

Tab. 11.3.XIII.b

Classe	4.6	4.8	5.6	5.8	6.8	8.8	10.9
f_{yb} (N/mm ²)	240	320	300	400	480	640	900
f_{tb} (N/mm ²)	400	400	500	500	600	800	1000

Tabella 13: Tabella 11.3.XIII.b

La resistenza di calcolo a taglio dei bulloni viene definita in accordo con le prescrizioni del § 4.2.8.1.1 "Unioni con bulloni e chiodi" del DM 17/01/2018 con la formulazione:

$$F_{v,Rd} = 0,6 * \frac{f_{tb} * A_{res}}{\gamma_{m2}}$$

Dove:

- f_{tb} indica la resistenza a rottura del materiale impiegato;
- A_{res} indica l'area resistente della vite e si adotta quando il piano di taglio interessa la parte filettata della vite;
- γ_{m2} è un coefficiente di sicurezza definito dalla **Tabella 4.2.XII** del § 4.2.8.1.1 "Unione con bulloni e chiodi" del DM 17/01/2018.

La resistenza di calcolo a rifollamento $F_{b,Rd}$ del piatto dell'unione, bullonata o chiodata, può essere definita in accordo con la formula presente al § C4.12.2.6.4.1 "Bulloni soggetti a taglio" della Circolare Ministero delle infrastrutture e dei trasporti 21 gennaio 2019, n. 7- "Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018" (Gazzetta Ufficiale 11/2/2019, n. 35 - Suppl. ord. n. 5)":

$$F_{b,Rd} = 2,5 * \frac{k_t * \alpha_b * f_{tk} * d * t}{\gamma_{m2}}$$

Dove:

- f_{tk} indica la resistenza a rottura del materiale impiegato;
- $\alpha_b = \min\left(1; \frac{e_1}{3d}\right)$ in cui i simboli sono stati indicati nella figura seguente presente nel § C4.2.12.7 "Unioni" della Circolare Ministero delle infrastrutture e dei trasporti 21 gennaio 2019, n. 7- "Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"»;

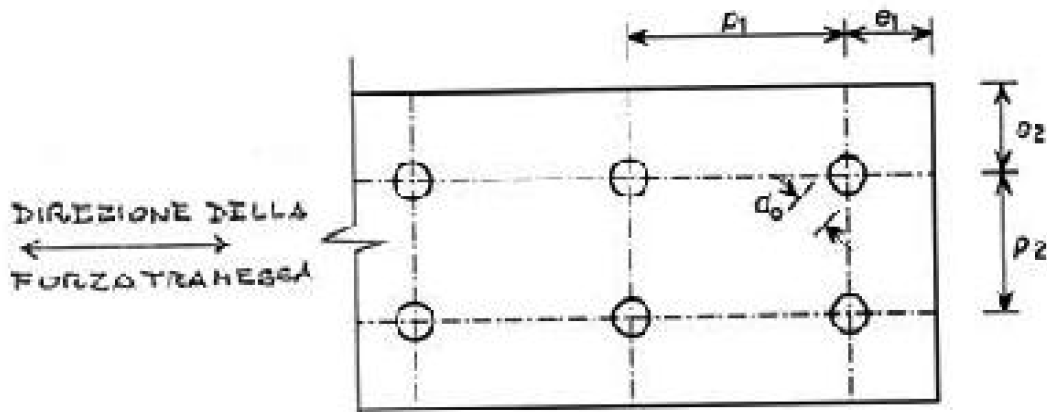




Figura 20: Parametri significativi per i collegamenti

Subject:	Progetto Agrivoltaico "LUCERA" -Potenza in Immissione 30 MW con accumulo da 5 MW	Project Code:	ITOPW003.071028
Document Title	Relazione Calcoli Preliminari Strutture	Date:	FEBRUARY 2023
Client:	AMBRA SOLARE 3 S.r.l.	Page:	29

Progetto:	PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO CON ACCUMULO E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE DA REALIZZARSI IN AGRO DI LUCERA E TROIA(FG), DENOMINATO "LUCERA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 30,86 MWP, POTENZA MASSIMA A.C. 25 MW, ACCUMULO PARI A 5 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 30 MW			
Oggetto:	RELAZIONE CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE			
Committente:	AMBRA SOLARE 3 S.r.l.			
Data:	02/2023	Revisione:	1.0	Cod. doc.: ITOPW003.PD.01.REL.VIA2_RCPS

- $k_t = \frac{0,8t+1,5}{2,5}$ per $t < 1,25$ mm;
- $k_t = 1$ per $t > 1,25$ mm;
- γ_{m2} è un coefficiente di sicurezza definito dalla **Tabella 4.2.XII del § 4.2.8.1.1 "Unione con bulloni e chiodi"** del DM 17/01/2018.

Subject:	Progetto Agrivoltaico "LUCERA" -Potenza in Immissione 30 MW con accumulo da 5 MW	Project Code:	ITOPW003.071028
Document Title	Relazione Calcoli Preliminari Strutture	Date:	FEBRUARY 2023
Client:	AMBRA SOLARE 3 S.r.l.	Page:	30

Progetto:	PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO CON ACCUMULO E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE DA REALIZZARSI IN AGRO DI LUCERA E TROIA(FG), DENOMINATO "LUCERA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 30,86 MWP, POTENZA MASSIMA A.C. 25 MW, ACCUMULO PARI A 5 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 30 MW				
Oggetto:	RELAZIONE CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE				
Committente:	AMBRA SOLARE 3 S.r.l.				
Data:	02/2023	Revisione:	1.0		Cod. doc.:

12. CABINE ELETTRICHE

Le cabine elettriche saranno del tipo prefabbricato in cemento armato vibrato o messe in opera con pannelli prefabbricati, comprensive di vasca di fondazione prefabbricata in c.a.v. o messe in opera in cemento ciclopico o cemento armato con maglie elettrosaldate, con porta di accesso e griglie di aereazione in vetroresina, impianto elettrico di illuminazione, copertura impermeabilizzata con guaina bituminosa e rete di messa a terra interna ed esterna.



Figura 21: Cabine elettriche


Il manufatto dovrà presentare una notevole rigidità strutturale ed una grande resistenza agli agenti esterni atmosferici che lo renderanno adatto all'uso anche in ambienti con atmosfera inquinata ed aggressiva.

L'armatura interna della cabina sarà totalmente collegata elettricamente, dovrà creare una vera gabbia di Faraday tale da proteggere tutto il sistema da sovratensioni atmosferiche limitando inoltre, a valori trascurabili, gli effetti delle tensioni di passo e di contatto.

L'armatura metallica sarà costituita da acciaio e rete elettrosaldata tipo B450C.

Le pareti esterne dovranno essere trattate con un rivestimento murale plastico idrorepellente costituito da resine sintetiche pregiate, polvere di quarzo, ossidi coloranti ed additivi che garantiscono il perfetto ancoraggio sul manufatto, inalterabilità del colore e stabilità agli sbalzi di temperatura.

Subject:	Progetto Agrivoltaico "LUCERA" -Potenza in Immissione 30 MW con accumulo da 5 MW	Project Code:	ITOPW003.071028
Document Title	Relazione Calcoli Preliminari Strutture	Date:	FEBRUARY 2023
Client:	AMBRA SOLARE 3 S.r.l.	Page:	31

Progetto:	PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO CON ACCUMULO E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE DA REALIZZARSI IN AGRO DI LUCERA E TROIA(FG), DENOMINATO "LUCERA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 30,86 MWP, POTENZA MASSIMA A.C. 25 MW, ACCUMULO PARI A 5 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 30 MW			
Oggetto:	RELAZIONE CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE			
Committente:	AMBRA SOLARE 3 S.r.l.			
Data:	02/2023	Revisione:	1.0	Cod. doc.: ITOPW003.PD.01.REL.VIA2_RCPS


13. SOTTOSTAZIONE DI TRASFORMAZIONE E CONSEGNA

Per l'esecuzione del progetto sono necessarie le seguenti opere civili:

- recinzione dell'area della sottostazione con pannelli di rete metallica galvanizzata, di altezza pari a 2,00 m, su fondazioni in calcestruzzo;
- strutture di fondazione degli apparati elettromeccanici costituite da travi, platee e plinti in cemento armato;
- reti di cavidotti interrati;
- pavimentazioni dei piazzali con bitume per le parti carrabili e inghiaiate per le restanti;
- fabbricato per gli apparati di protezione, sezionamento e controllo.

Tutte le opere strutturali saranno dimensionate e verificate rispetto alle Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC) 2018.

Subject:	Progetto Agrivoltaico "LUCERA" -Potenza in Immissione 30 MW con accumulo da 5 MW	Project Code:	ITOPW003.071028
Document Title	Relazione Calcoli Preliminari Strutture	Date:	FEBRUARY 2023
Client:	AMBRA SOLARE 3 S.r.l.	Page:	32

Progetto:	PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO CON ACCUMULO E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE DA REALIZZARSI IN AGRO DI LUCERA E TROIA(FG), DENOMINATO "LUCERA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 30,86 MWP, POTENZA MASSIMA A.C. 25 MW, ACCUMULO PARI A 5 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 30 MW				
Oggetto:	RELAZIONE CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE				
Committente:	AMBRA SOLARE 3 S.r.l.				
Data:	02/2023	Revisione:	1.0		Cod. doc.:

14. VERIFICHE STRUTTURALI CABINE

Le verifiche strutturali delle cabine sono state condotte considerando edifici realizzati con setti in calcestruzzo cementizio armato a formare un edificio monoblocco sul quale saranno installati le apparecchiature elettriche. Per tutte le cabine è stata condotta l'analisi strutturale agli stati limite tramite la quale sono state determinate le sollecitazioni necessarie per la verifica delle sezioni e la progettazione delle armature nei vari setti murari e nei gusci costituenti la piastra di fondazione, la piastra di base e la piastra di copertura.

Nel seguito si riportano le immagini riepilogative dei modelli di calcolo e delle analisi condotte.

14.1 Cabina di raccolta dei cavi MT da installare all'interno del campo

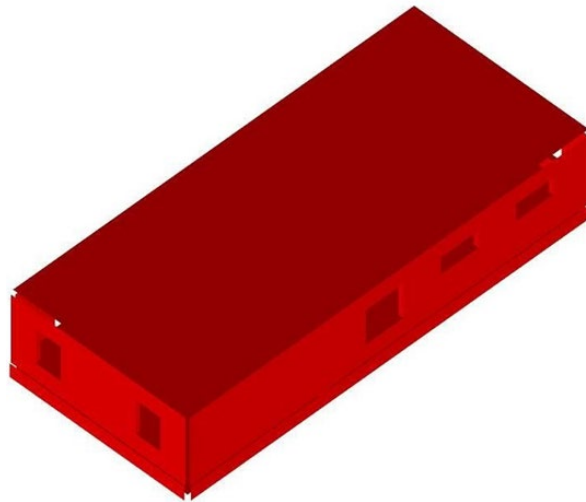


Figura 22: Modello 3D

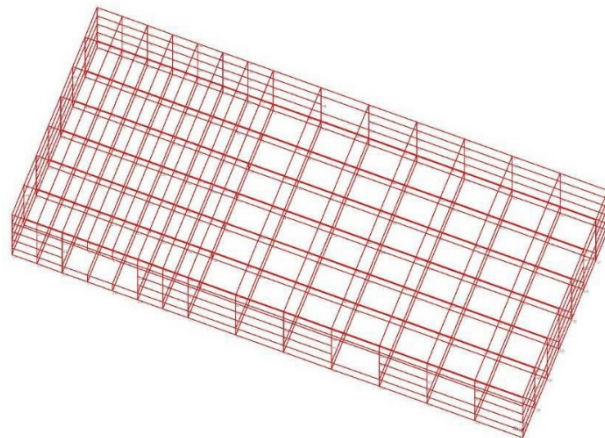



Figura 23: Modellazione elementi finiti

Subject:	Progetto Agrivoltaico "LUCERA" -Potenza in Immissione 30 MW con accumulo da 5 MW	Project Code:	ITOPW003.071028
Document Title	Relazione Calcoli Preliminari Strutture	Date:	FEBRUARY 2023
Client:	AMBRA SOLARE 3 S.r.l.	Page:	33

Progetto:	PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO CON ACCUMULO E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE DA REALIZZARSI IN AGRO DI LUCERA E TROIA(FG), DENOMINATO "LUCERA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 30,86 MWP, POTENZA MASSIMA A.C. 25 MW, ACCUMULO PARI A 5 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 30 MW				
Oggetto:	RELAZIONE CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE				
Committente:	AMBRA SOLARE 3 S.r.l.				
Data:	02/2023	Revisione:	1.0		Cod. doc.:

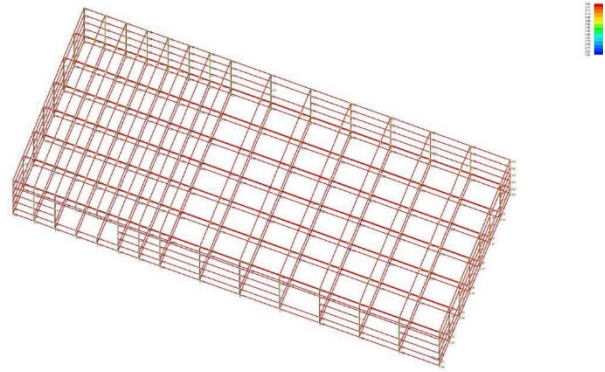


Figura 24: Valutazione degli spostamenti massimi

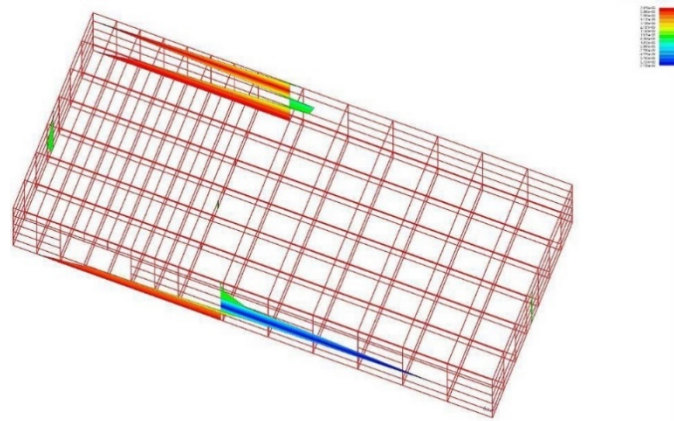


Figura 25: Valutazione degli spostamenti massimi

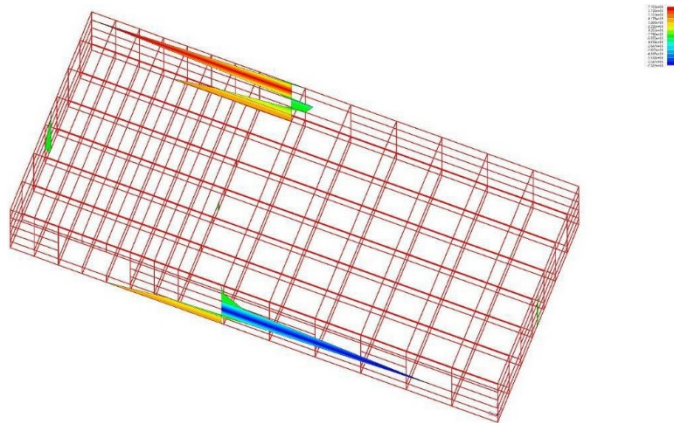



Figura 26: Sollecitazioni elementi shell

Subject:	Progetto Agrivoltaico "LUCERA" -Potenza in Immissione 30 MW con accumulo da 5 MW	Project Code:	ITOPW003.071028
Document Title	Relazione Calcoli Preliminari Strutture	Date:	FEBRUARY 2023
Client:	AMBRA SOLARE 3 S.r.l.	Page:	34

Progetto:	PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO CON ACCUMULO E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE DA REALIZZARSI IN AGRO DI LUCERA E TROIA(FG), DENOMINATO "LUCERA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 30,86 MWP, POTENZA MASSIMA A.C. 25 MW, ACCUMULO PARI A 5 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 30 MW				
Oggetto:	RELAZIONE CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE				
Committente:	AMBRA SOLARE 3 S.r.l.				
Data:	02/2023	Revisione:	1.0		Cod. doc.:

15. SOTTOSTAZIONE DI TRASFORMAZIONE E CONSEGNA

Per l'esecuzione del progetto sono necessarie le seguenti opere civili:

- recinzione dell'area della sottostazione con pannelli di rete metallica galvanizzata, di altezza pari a 2,00 m, su fondazioni in calcestruzzo;
- strutture di fondazione degli apparati elettromeccanici costituite da travi, platee e plinti in cemento armato;
- reti di cavidotti interrati;
- pavimentazioni dei piazzali con bitume per le parti carrabili e inghiaiate per le restanti;
- fabbricato per gli apparati di protezione, sezionamento e controllo.

Tutte le opere strutturali saranno dimensionate e verificate rispetto alle Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC) 2018.

15.1 Fondazione Trasformatori

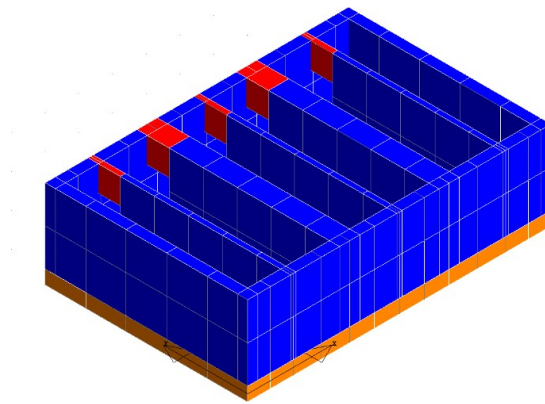


Figura 27: Modello strutturale 3D

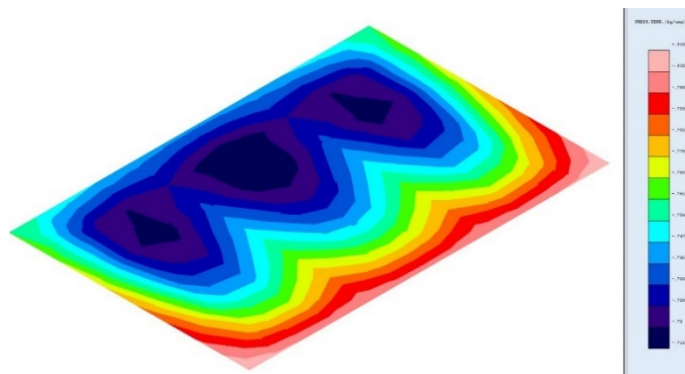



Figura 28: Pressioni terreno

Subject:	Progetto Agrivoltaico "LUCERA" -Potenza in Immissione 30 MW con accumulo da 5 MW	Project Code:	ITOPW003.071028
Document Title	Relazione Calcoli Preliminari Strutture	Date:	FEBRUARY 2023
Client:	AMBRA SOLARE 3 S.r.l.	Page:	35

Progetto:	PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO CON ACCUMULO E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE DA REALIZZARSI IN AGRO DI LUCERA E TROIA(FG), DENOMINATO "LUCERA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 30,86 MWP, POTENZA MASSIMA A.C. 25 MW, ACCUMULO PARI A 5 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 30 MW				
Oggetto:	RELAZIONE CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE				
Committente:	AMBRA SOLARE 3 S.r.l.				
Data:	02/2023	Revisione:	1.0		Cod. doc.:

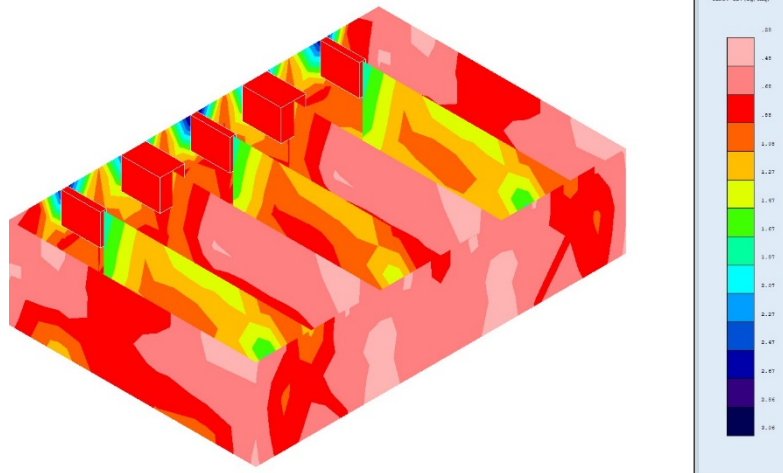


Figura 29: Stato tensionale ideale

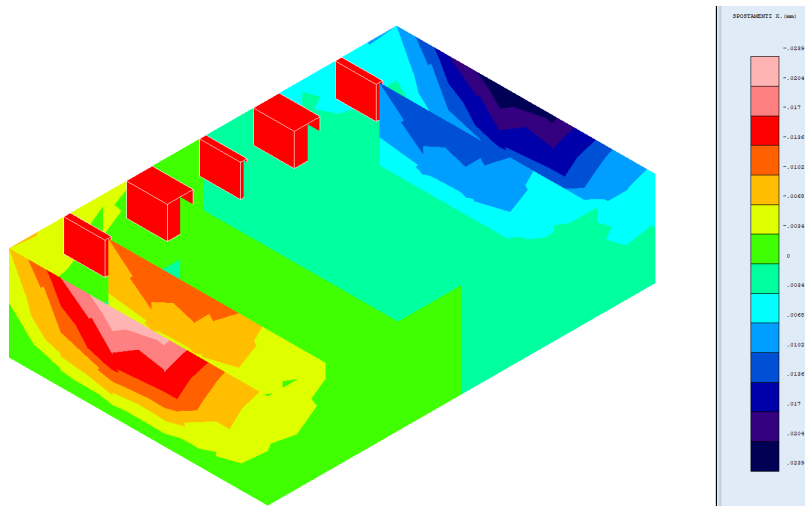



Figura 30: Stato deformativo

Subject:	Progetto Agrivoltaico "LUCERA" -Potenza in Immissione 30 MW con accumulo da 5 MW	Project Code:	ITOPW003.071028
Document Title	Relazione Calcoli Preliminari Strutture	Date:	FEBRUARY 2023
Client:	AMBRA SOLARE 3 S.r.l.	Page:	36

Progetto:	PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO CON ACCUMULO E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE DA REALIZZARSI IN AGRO DI LUCERA E TROIA(FG), DENOMINATO "LUCERA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 30,86 MWP, POTENZA MASSIMA A.C. 25 MW, ACCUMULO PARI A 5 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 30 MW			
Oggetto:	RELAZIONE CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE			
Committente:	AMBRA SOLARE 3 S.r.l.			
Data:	02/2023	Revisione:	1.0	Cod. doc.: ITOPW003.PD.01.REL.VIA2_RCPS


16. SOTTOSTAZIONE DI TRASFORMAZIONE E CONSEGNA

Per l'esecuzione del progetto sono necessarie le seguenti opere civili:

- recinzione dell'area della sottostazione con pannelli di rete metallica galvanizzata, di altezza pari a 2,00 m, su fondazioni in calcestruzzo;
- strutture di fondazione degli apparati elettromeccanici costituite da travi, platee e plinti in cemento armato;
- reti di cavidotti interrati;
- pavimentazioni dei piazzali con bitume per le parti carrabili e inghiaiate per le restanti;
- fabbricato per gli apparati di protezione, sezionamento e controllo.

Tutte le opere strutturali saranno dimensionate e verificate rispetto alle Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC) 2018.

Subject:	Progetto Agrivoltaico "LUCERA" -Potenza in Immissione 30 MW con accumulo da 5 MW	Project Code:	ITOPW003.071028
Document Title	Relazione Calcoli Preliminari Strutture	Date:	FEBRUARY 2023
Client:	AMBRA SOLARE 3 S.r.l.	Page:	37

Progetto:	PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO CON ACCUMULO E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE DA REALIZZARSI IN AGRO DI LUCERA E TROIA(FG), DENOMINATO "LUCERA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 30,86 MWP, POTENZA MASSIMA A.C. 25 MW, ACCUMULO PARI A 5 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 30 MW				
Oggetto:	RELAZIONE CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE				
Committente:	AMBRA SOLARE 3 S.r.l.				
Data:	02/2023	Revisione:	1.0		Cod. doc.:

17. INDICAZIONE PER FONDAZIONE CABINE

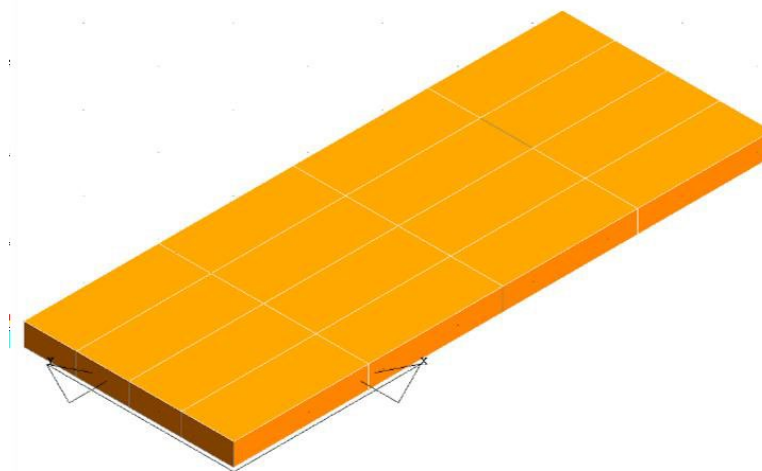
Le fondazioni saranno del tipo platea armata, ubicate ad una profondità minima di m 1,0 di profondità dall'attuale piano campagna.

Nella fase di Studio Geologico esecutivo si eseguiranno dettagliate indagini geologiche, con la esecuzione di sondaggi meccanici spinti almeno fino a 5 metri, con prelievo di campioni indisturbati e prove geotecniche di laboratorio.

Le fondazioni da realizzare sono di varie dimensioni geometriche, dimensionate per trasferimento delle azioni permanenti e dei pesi propri delle cabine elettriche di conversione e consegna al terreno di fondazione meglio definito nella relazione geologica allegata.

Per la modellazione e la determinazione sia degli spessori delle piastre che delle sezioni delle armature presenti nell'elaborato grafico allegato si è considerata la situazione più gravosa di carico considerando la piastra avente lunghezza 16.00 mt e larghezza 4.00 mt.

I pesi propri delle cabine prefabbricate in c.a.v. e delle apparecchiature in esse alloggiate sono stati forniti dai progettisti/costruttori dell'impianto.



Le pressioni sul terreno derivano dalle azioni agenti sulla struttura fattorizzate con i coefficienti A1 secondo la combinazione:

$$E_d = \gamma_G * G_k + \gamma_P * P_k + S(\psi_{2i} * \gamma_Q * Q_{ki})$$

Dalla relazione di calcolo della struttura si evince che la pressione massima sul terreno è pari a: $E_d = 0,35 \frac{kg}{cm^2}$

Verifica:


$$R_d > E_d \text{ (verificato)}$$

Pertanto, alla luce dei risultati ottenuti, non può che esprimersi un giudizio positivo sulla stabilità del complesso terreno - struttura di fondazione - sovrastruttura.

Facendo salvi ulteriori accertamenti che si rendesse necessario eseguire nel corso dei lavori di scavo, si ritiene l'area prescelta, con il tipo di fondazione indicato, idonea all'edificazione prevista.

Per gli esecutivi si rimanda alle tavole.

Subject:	Progetto Agrivoltaico "LUCERA" -Potenza in Immissione 30 MW con accumulo da 5 MW	Project Code:	ITOPW003.071028
Document Title	Relazione Calcoli Preliminari Strutture	Date:	FEBRUARY 2023
Client:	AMBRA SOLARE 3 S.r.l.	Page:	38

Progetto:	PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO CON ACCUMULO E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE DA REALIZZARSI IN AGRO DI LUCERA E TROIA(FG), DENOMINATO "LUCERA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 30,86 MWP, POTENZA MASSIMA A.C. 25 MW, ACCUMULO PARI A 5 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 30 MW				
Oggetto:	RELAZIONE CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE				
Committente:	AMBRA SOLARE 3 S.r.l.				
Data:	02/2023	Revisione:	1.0		Cod. doc.:

18. SPECIFICHE TECNICHE RECINZIONI E CANCELLI

Il progetto prevede la realizzazione di una recinzione che delimiterà le aree di installazione dell'impianto fotovoltaico.

Essa sarà della seguente tipologia:


- pali in acciaio zincato, infissi nel terreno e collegati tra loro attraverso morsetti doppi;
- rete a maglia sciolta, fissata ai pali mediante tensori di acciaio.

I pali sono particolarmente resistenti tali da evitare la torsione del palo in caso di sollecitazioni e forzature. Tale tipologia di recinzione garantisce un basso impatto e quindi un'integrità ambientale. La recinzione avrà un'altezza di 2,00 m.

I cancelli d'ingresso saranno realizzati in acciaio zincato, sorretti da pilastri in scatolare metallico e da basamento completamente interrato. Il posizionamento e le dimensioni saranno tali da permettere un agevole ingresso dei mezzi pesanti impiegati in fase di realizzazione e manutenzione. Tutto il sistema di recinzione sarà direttamente infisso nel terreno senza la realizzazione di alcun basamento in calcestruzzo.

Eventualmente sarà valutata la possibilità di stabilizzare l'infissione dei pali metallici con gettata di calcestruzzo.

Subject:	Progetto Agrivoltaico "LUCERA" -Potenza in Immissione 30 MW con accumulo da 5 MW	Project Code:	IT0PW003.071028
Document Title	Relazione Calcoli Preliminari Strutture	Date:	FEBRUARY 2023
Client:	AMBRA SOLARE 3 S.r.l.	Page:	39

Progetto:	PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO CON ACCUMULO E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE DA REALIZZARSI IN AGRO DI LUCERA E TROIA(FG), DENOMINATO "LUCERA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 30,86 MWP, POTENZA MASSIMA A.C. 25 MW, ACCUMULO PARI A 5 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 30 MW				
Oggetto:	RELAZIONE CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE				
Committente:	AMBRA SOLARE 3 S.r.l.				
Data:	02/2023	Revisione:	1.0		Cod. doc.:

19. CALCOLO DELLA CAPACITA' PORTANTE PER CARICO VERTICALE DI UN PALO ISOLATO IN CONDIZIONI STATICHE

Per stimare la capacità portante per carico verticale di un palo di fondazione isolato si fa riferimento allo schema di seguito riportato. Il palo è un corpo che oppone resistenza alla penetrazione nel terreno mediante tensioni tangenziali di attrito e/o di aderenza sulla superficie laterale e tensioni di compressione alla base. Le tensioni tangenziali si sviluppano per uno scorrimento relativo tra la superficie laterale del palo e il terreno circostante, in parte dovuto alla traslazione rigida e in parte alla compressione assiale del palo. Le tensioni di compressione alla base si sviluppano per un cedimento della base.

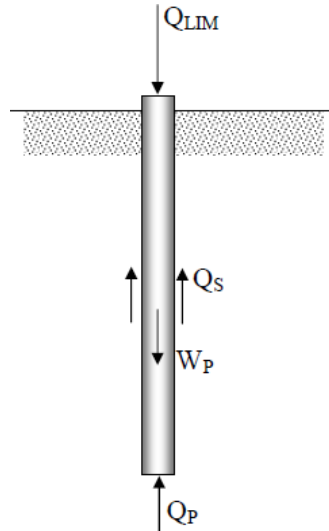


Figura 31: Schema per il calcolo della capacità portante di un palo isolato

La stima della capacità portante per carico verticale di un palo isolato Q_{LIM} mediante formule statiche è ottenuta valutando i valori massimi mobilizzabili, in condizioni di equilibrio limite, della resistenza laterale Q_S e di quella di punta Q_P :

$$Q_{LIM} + W_P = Q_S + Q_P$$

essendo W_P il peso proprio del palo.

19.1 Stima di Q_P

In generale, la capacità portante di punta dei pali **in terreni coesivi** è stimata con l'equazione:

$$Q_P = A_P * q_P = A_P * (c_u * N_c + \sigma_{v0,P})$$

Dove:

- A_P è l'area di base del palo;
- q_P è la capacità portante unitaria;
- c_u è la resistenza al taglio in condizioni non drenate del terreno alla profondità della base del palo;
- $\sigma_{v0,P}$ è la tensione verticale totale alla punta;
- N_c è un fattore di capacità portante, il cui valore è assunto pari a 9.

Molto spesso il peso del palo W_P e il termine $\sigma_{v0,P}$ sono trascurati, poiché quasi si compensano, e si pone:

$$Q_{LIM} = Q_S + Q_P$$

$$Q_P = 9 * c_u * A_P$$


Nel nostro caso trattandosi di terreni incoerenti la formula si riduce alla seguente espressione:

$$Q_P = A_P * q_P = A_P * \sigma'_{v0,P} * N_q = 1753 \text{ daN}$$

Dove:

- A_P è l'area di base del palo;
- q_P è la capacità portante unitaria;
- $\sigma'_{v0,P}$ è la tensione verticale efficace alla punta;
- N_q è un fattore di capacità portante, che dipende, a parità di angolo di resistenza al taglio, dal meccanismo di rottura ipotizzato.

Subject:	Progetto Agrivoltaico "LUCERA" -Potenza in Immissione 30 MW con accumulo da 5 MW	Project Code:	ITOPW003.071028
Document Title	Relazione Calcoli Preliminari Strutture	Date:	FEBRUARY 2023
Client:	AMBRA SOLARE 3 S.r.l.	Page:	40

Progetto:	PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO CON ACCUMULO E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE DA REALIZZARSI IN AGRO DI LUCERA E TROIA(FG), DENOMINATO "LUCERA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 30,86 MWP, POTENZA MASSIMA A.C. 25 MW, ACCUMULO PARI A 5 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 30 MW				
Oggetto:	RELAZIONE CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE				
Committente:	AMBRA SOLARE 3 S.r.l.				
Data:	02/2023	Revisione:	1.0		Cod. doc.:

19.2 Stima di Q_s

La capacità portante per aderenza e/o per attrito laterale per un palo di diametro D e lunghezza L è per definizione, utilizzando il metodo di Bustamente e Doix:

$$Q_s = \pi * D * \alpha * L * s$$

Dove:

- α è un coefficiente maggiorativo del diametro di perforazione adottato che è possibile ricavare in funzione della litologia e della tecnologia di iniezione adottata, attraverso abachi forniti dagli stessi autori;
- s è il valore della resistenza tangenziale all'interfaccia fra zona iniettata e terreno ed è determinabile dagli abachi di Bustamente e Doix in base alla litologia dell'ammasso e alla tecnologia di iniezione ed è pari a 0,2 MPa.

Terreno	Valori di α		Quantità minima di miscela consigliata
	IRS	IGU	
Ghiaia	1,8	1,3 - 1,4	$1,5 V_s$
Ghiaia sabbiosa	1,6 - 1,8	1,2 - 1,4	$1,5 V_s$
Sabbia ghiaiosa	1,5 - 1,6	1,2 - 1,3	$1,5 V_s$
Sabbia grossa	1,4 - 1,5	1,1 - 1,2	$1,5 V_s$
Sabbia media	1,4 - 1,5	1,1 - 1,2	$1,5 V_s$
Sabbia fine	1,4 - 1,5	1,1 - 1,2	$1,5 V_s$
Sabbia limosa	1,4 - 1,5	1,1 - 1,2	IRS: $(1,5 - 2)V_s$; IGU: $1,5 V_s$
Limo	1,4 - 1,6	1,1 - 1,2	IRS: $2V_s$; IGU: $1,5V_s$
Argilla	1,8 - 2,0	1,2	IRS: $(2,5 - 3)V_s$; IGU: $(1,5-2)V_s$
Marne	1,8	1,1 - 1,2	$(1,5 - 2)V_s$ per strati compatti
Calcari marnosi	1,8	1,1 - 1,2	$(2 - 6)V_s$ o più per strati fratturati
Calcari alterati o fratturati	1,8	1,1 - 1,2	
Roccia alterata e/o fratturata	1,2	1,1	$(1,1-1,5)V_s$ per strati poco fratturati $2V_s$ o più per strati fratturati


Figura 32: Valori del coefficiente α

Quindi il valore del carico limite laterale è pari a: $Q_s = 75.4 \text{ kN}$.

Dividendo tale valore per un fattore di sicurezza pari a $F_s = 2,5$, si ottiene un valore del carico limite laterale ammissibile pari a:

$$Q_s = 30,16 \text{ kN}.$$

Subject:	Progetto Agrivoltaico "LUCERA" -Potenza in Immissione 30 MW con accumulo da 5 MW	Project Code:	ITOPW003.071028
Document Title	Relazione Calcoli Preliminari Strutture	Date:	FEBRUARY 2023
Client:	AMBRA SOLARE 3 S.r.l.	Page:	41

Progetto:	PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO CON ACCUMULO E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE DA REALIZZARSI IN AGRO DI LUCERA E TROIA(FG), DENOMINATO "LUCERA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 30,86 MWP, POTENZA MASSIMA A.C. 25 MW, ACCUMULO PARI A 5 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 30 MW			
Oggetto:	RELAZIONE CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE			
Committente:	AMBRA SOLARE 3 S.r.l.			
Data:	02/2023	Revisione:	1.0	Cod. doc.: ITOPW003.PD.01.REL.VIA2_RCPS

20. VERIFICA DELLA CAPACITA' PORTANTE


La capacità portante per carico verticale del micropalo Q_{LIM} è pari a:

$$Q_{LIM} = Q_S + Q_P - W_P = 3016 \text{ daN} + 1753 \text{ daN} - 113 \text{ daN} = 4656 \text{ daN}$$

Dal programma di calcolo la sollecitazione di sforzo normale di compressione agente, secondo la combinazione più gravosa, è pari a: $N = 2019 \text{ daN}$.

Essendo questa inferiore al carico limite la verifica risulta essere soddisfatta.

Subject:	Progetto Agrivoltaico "LUCERA" -Potenza in Immissione 30 MW con accumulo da 5 MW	Project Code:	ITOPW003.071028
Document Title	Relazione Calcoli Preliminari Strutture	Date:	FEBRUARY 2023
Client:	AMBRA SOLARE 3 S.r.l.	Page:	42

Progetto:	PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO CON ACCUMULO E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE DA REALIZZARSI IN AGRO DI LUCERA E TROIA(FG), DENOMINATO "LUCERA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 30,86 MWP, POTENZA MASSIMA A.C. 25 MW, ACCUMULO PARI A 5 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 30 MW			
Oggetto:	RELAZIONE CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE			
Committente:	AMBRA SOLARE 3 S.r.l.			
Data:	02/2023	Revisione:	1.0	Cod. doc.: ITOPW003.PD.01.REL.VIA2_RCPS

21. VERIFICA DI TIRO


La forza di tiro relativa ad ogni palo infisso della struttura per effetto dell'azione del vento è data da:

$$F_{TIRO} = \frac{S * P_{(vento)}}{7} * \cos \alpha$$

La verifica si ritiene soddisfatta in quanto tale valore risulta essere inferiore al valore del carico limite laterale ammissibile pari a:

$$Q_s = 30.16 \text{ Kn}$$

Subject:	Progetto Agrivoltaico "LUCERA" -Potenza in Immissione 30 MW con accumulo da 5 MW	Project Code:	ITOPW003.071028
Document Title	Relazione Calcoli Preliminari Strutture	Date:	FEBRUARY 2023
Client:	AMBRA SOLARE 3 S.r.l.	Page:	43

Progetto:	PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO CON ACCUMULO E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE DA REALIZZARSI IN AGRO DI LUCERA E TROIA(FG), DENOMINATO "LUCERA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 30,86 MWP, POTENZA MASSIMA A.C. 25 MW, ACCUMULO PARI A 5 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 30 MW				
Oggetto:	RELAZIONE CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE				
Committente:	AMBRA SOLARE 3 S.r.l.				
Data:	02/2023	Revisione:	1.0		Cod. doc.:

22. PREDISPOSIZIONE INSTALLAZIONE PALI ALL'INTERNO DELL'IMPIANTO FV

La presente riguarda la verifica statica dei pali di sostegno per impianto di videosorveglianza e dei relativi plinti di fondazione. I pali saranno ancorati attraverso la posa in plinti di fondazione prefabbricati dotati di pozzetti. I basamenti di fondazione saranno di figura geometrica regolare e dimensioni tali da garantire la sicura tenuta del palo e saranno prodotti con calcestruzzo vibropressato.

In funzione dell'altezza attesa dei pali fuori terra è stato possibile individuare 2 tipologie di plinti prefabbricati:

- Per pali fino 6 m fuori terra: 80x80x80
- Per pali fino a 9 m fuori terra: 100x100x100

Il sistema palo-plinto si comporta come una mensola incastrata al piede soggetta al carico principale generato dall'effetto del vento.

22.1 Caratteristiche dei materiali

Nella realizzazione delle opere in esame, andranno utilizzati materiali aventi le seguenti caratteristiche:

22.1.1 Acciaio da costruzione

Per i pali si impiega un acciaio tipo S235 UNI EN 10025-2, con le seguenti caratteristiche di resistenza:

Tensione di rottura: $f_{tk} \geq 360$ MPa

Tensione di snervamento: $f_{yk} \geq 235$ MPa

Resistenza di calcolo: $f_{yd} = 225$ MPa ($t < 40$ mm)

22.2 Analisi dei carichi

Nel seguito si procederà ad analizzare le diverse matrici ambientali e le relative eventuali interferenze che gli interventi, di cui al presente progetto, possono avere con esse, sia in fase di realizzazione dell'opera che in fase di esercizio.

In caso di presenza di interferenze si forniranno le misure da adottare per la mitigazione e/o la completa eliminazione delle interferenze medesime.

22.3 Carichi permanenti

I carichi permanenti strutturali sono rappresentati dal peso del plinto avente peso per unità di volume $g = 18$ kN/m³ (avendo preso in considerazione il fatto che il plinto non sarà tutto pieno ma disporrà di cavità), dal peso del palo (computato considerando un peso specifico dell'acciaio pari a $\gamma_a = 78,5$ kN/m³ e uno spessore della lamiera di 4mm).

Peso Plinto Tipo 1: $P_{plinto1} = B \times L \times h \times g = 0.80 \times 0.80 \times 0.80 \times 18 = 9.2$ kN

Peso Ipotizzato Palo Tipo 1 (6 m f.t.) = 0.71kN

Peso Plinto Tipo 2: $P_{plinto2} = B \times L \times h \times g = 1 \times 1 \times 1 \times 18 = 18$ kN

Peso Ipotizzato Palo Tipo 2 (9 m f.t.) = 1,06 KN

22.4 Azioni del vento secondo le NTC2018

Il vento esercita un'azione distribuita, agente lungo tutto lo sviluppo del palo, causata dalla pressione esercitata dal vento sulla superficie del palo stesso. La pressione cinetica ed i conseguenti carichi di vento sono determinati in accordo con NTC2018; la pressione di progetto da calcolare alle diverse altezze relative "h_b" viene calcolata con la seguente formula

$$p = q_r * c_e * c_p * c_d$$


dove:

- q_r è la pressione cinetica di riferimento;
- c_e è il coefficiente di esposizione;
- c_p è il coefficiente di forma;
- c_d è il coefficiente dinamico.

22.4.1 Calcolo dei coefficienti

- Coefficiente dinamico (c_d) = 1,00
- Coefficiente topografico (c_t) = 1,00

Subject:	Progetto Agrivoltaico "LUCERA" -Potenza in Immissione 30 MW con accumulo da 5 MW	Project Code:	ITOPW003.071028
Document Title	Relazione Calcoli Preliminari Strutture	Date:	FEBRUARY 2023
Client:	AMBRA SOLARE 3 S.r.l.	Page:	44

Progetto:	PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO CON ACCUMULO E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE DA REALIZZARSI IN AGRO DI LUCERA E TROIA(FG), DENOMINATO "LUCERA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 30,86 MWp, POTENZA MASSIMA A.C. 25 MW, ACCUMULO PARI A 5 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 30 MW				
Oggetto:	RELAZIONE CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE				
Committente:	AMBRA SOLARE 3 S.r.l.				
Data:	02/2023	Revisione:	1.0		Cod. doc.:

- Coefficiente di esposizione:

Il coefficiente di esposizione si esprime tramite la:

$$c_e(z) = k_r^2 * c_t * \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) \left[7 + c_t * \ln\left(\frac{z}{z_0}\right)\right] \text{ per } z \geq z_{min}$$

Coefficiente di esposizione palo tipo 1 (Ce z=6) = 1,82

Coefficiente di esposizione palo tipo 2 (Ce z=9) = 2

- Coefficiente di forma:

Il coefficiente di forma per la valutazione della pressione esterna e interna dipende dalla tipologia strutturale. In questo caso è funzione del diametro della costruzione e della pressione $q = q_r * c_e$

$$C_p = \begin{cases} 1.2 & \text{per } d\sqrt{q} \leq 2.2 \\ 1.783 - 0.263 d\sqrt{q} & \text{per } 2.2 \leq d\sqrt{q} \leq 4.2 \\ 0.7 & \text{per } 4.2 \leq d\sqrt{q} \end{cases}$$

Ipotizzando un diametro costante di 12 cm per il palo 1, per tutto lo sviluppo in altezza, e di 14 cm per il palo tipo 2, ottengo:

$$d_1\sqrt{q} = 3,45 \text{ e } d_2\sqrt{q} = 4,22 \quad d_2\sqrt{q}$$

Quindi:

- C_p per il palo h=6 m = 0,87
- C_p per il palo h=9 m = 0,7

22.4.2 Valutazione dell'azione del vento sui pali

$$\text{Pressione del vento sul palo tipo 1: } p_1 = q_r * c_e * c_p * c_d = 721 \frac{N}{m^2}$$

$$\text{Pressione del vento sul palo tipo 2: } p_2 = q_r * c_e * c_p * c_d = 638 \frac{N}{m^2}$$

Le suddette azioni, si reputano distribuite su un'area rispettivamente di 0,72 m² e di 1,26 m², dando origine a 2 spinte risultanti applicate nella mezzeria di ciascun palo pari a:

$$S_1 = p_1 * A_1 = 519,12 \text{ N}$$

$$S_2 = p_2 * A_2 = 803,88 \text{ N}$$

Le azioni in questione saranno poi opportunamente moltiplicate per i coefficienti secondo lo SLU, per effettuare le verifiche di tipo geotecnico sul plinto.

22.5 Azione sismica

In fase di realizzazione dell'opera vi sarà produzione di rumore e vibrazioni, ad opera dei mezzi d'opera che saranno impiegati, nelle aree interessate dalle lavorazioni.

Le produzioni di rumore e vibrazioni saranno più elevate in corrispondenza delle aree interessate dall'esecuzione delle operazioni scavo per la sostituzione o la posa in opera di nuovi pali e cavidotti. In fase di funzionamento dell'opera non vi sarà, invece, produzione di rumore o vibrazioni.

La Vita Nominale di un'opera strutturale (VN) è intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata.


La costruzione in oggetto è una struttura ordinaria, quindi si assume VN=50 anni.

La costruzione in oggetto è una struttura di "Classe III", così definita: "Classe III: costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti ereti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso".

Le azioni sismiche su ciascuna costruzione vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento V_R che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale VN per il coefficiente d'uso C_u : $V_R = VN * C_u$

Il valore del coefficiente d'uso C_u è definito al variare della classe d'uso. Si ottiene quindi: $V_R = VN * C_u = 50 * 1,5 = 75 \text{ anni}$.

Subject:	Progetto Agrivoltaico "LUCERA" -Potenza in Immissione 30 MW con accumulo da 5 MW	Project Code:	ITOPW003.071028
Document Title	Relazione Calcoli Preliminari Strutture	Date:	FEBRUARY 2023
Client:	AMBRA SOLARE 3 S.r.l.	Page:	45

Progetto:	PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO CON ACCUMULO E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE DA REALIZZARSI IN AGRO DI LUCERA E TROIA(FG), DENOMINATO "LUCERA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 30,86 MWP, POTENZA MASSIMA A.C. 25 MW, ACCUMULO PARI A 5 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 30 MW				
Oggetto:	RELAZIONE CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE				
Committente:	AMBRA SOLARE 3 S.r.l.				
Data:	02/2023	Revisione:	1.0		Cod. doc.:

L'azione sismica sui pali è stata considerata mediante l'applicazione di una forza statica equivalente alla forza indotta dall'azione sismica, in sommità del palo.

Il periodo del modo di vibrare principale nella direzione in esame, T_1 , è stato valutato utilizzando la seguente formula:

$$T_1 = C_1 * H^{\frac{3}{4}}$$

Dove:

- H è l'altezza della costruzione, in metri, dal piano di fondazione;
- C_1 è pari a 0,050 nel caso in esame.

L'entità della forza si ottiene dall'ordinata dello spettro di progetto corrispondente al periodo T_1 e la sua distribuzione sulla struttura segue la forma del modo di vibrare principale nella direzione in esame, valutata in modo approssimato.

La forza da applicare in sommità del palo è pari a:

$$F_h = S_d(T_1) * W * I / g$$

Dove:

- $S_d(T_1)$ è l'ordinata dello spettro di risposta di progetto;
- W è il peso complessivo della struttura;
- I è un coefficiente pari a 1 nel caso in esame;
- g è l'accelerazione di gravità.

Nel caso in esame, è stato considerato lo stato limite SLV (Stato Limite di salvaguardia della Vita). Ai fini della definizione della azione sismica di progetto, deve essere valutata l'influenza delle condizioni litologiche e morfologiche locali sulle caratteristiche del moto del suolo in superficie, mediante studi specifici di risposta sismica locale.

Si è assunto un suolo di fondazione appartenente alla categoria B e dato che il palo dell'illuminazione si trova in zona pianeggiante, ricade nella categoria T_1 .

Per la determinazione dell'azione sismica le coordinate dell'ubicazione dell'opera in oggetto sono:

- Latitudine **15.423528° E**
- Longitudine **41.401843° N**;

con tali valori si ricavano, per lo stato limite SLV, i seguenti parametri:

PALO H=7	PALO H=10
$C_1=0.05$	$C_1=0.05$
H=6	H=9
$T_1 = C_1 * H^{\frac{3}{4}} = 0.19$	$T_1 = C_1 * H^{\frac{3}{4}} = 0.26$
$T^*c = 0.533$	$T^*c = 0.533$
$Cc = 1$	$Cc = 1$
$F_0 = 2.688$	$F_0 = 2.688$
$a_g/g = 0.08$	$a_g/g = 0.08$
$S_r = 1$	$S_r = 1$
$S_s = 1$	$S_s = 1$
$S - S_r * S_s = 1$	$S - S_r * S_s = 1$
verifica $T_1 < 2.5 * Cc * Tc = 1.3325$ verificato	verifica $T_1 < 2.5 * Cc * Tc = 1.3325$ verificato
verifica $T_1 < TD = 1.922$ q = 1	verifica $T_1 < TD = 1.922$ q = 1
$Sd(T_1) = a_g * S * F_0 / q = 2.11$	$Sd(T_1) = a_g * S * F_0 / q = 2.11$
W = 810 N	W = 1160 N
I = 1	L = 1
$F_h = Sd(T_1) * W * I / g = 174$ N	$F_h = Sd(T_1) * W * I / g = 250$ N


La forzante sismica F_h sarà applicata alla sommità del palo a mensola. Le azioni in questione, in entrambi i casi, generano secondo combinazione sismica, effetti meno gravosi rispetto all'azione del vento, di conseguenza nel seguito verranno trascurate.

22.6 Scelta dei plinti prefabbricati

Si tratta di pozzetti portapalo in c.a.v. a sezione quadrata, con pozzetto per ispezioni incorporato, armato con staffe perimetrali, con foro per pali da illuminazione. L'altezza del palo che può essere contenuto varia in funzione del sito di impianto e della tipologia di posa in opera.

- Peso plinto 100x100x100 = 1800 kg = 18 kN
- Peso plinto 80x80x80 = 910 kg = 9,1 kN

Subject:	Progetto Agrivoltaico "LUCERA" -Potenza in Immissione 30 MW con accumulo da 5 MW	Project Code:	ITOPW003.071028
Document Title	Relazione Calcoli Preliminari Strutture	Date:	FEBRUARY 2023
Client:	AMBRA SOLARE 3 S.r.l.	Page:	46

Progetto:	PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO CON ACCUMULO E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE DA REALIZZARSI IN AGRO DI LUCERA E TROIA(FG), DENOMINATO "LUCERA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 30,86 MWP, POTENZA MASSIMA A.C. 25 MW, ACCUMULO PARI A 5 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 30 MW				
Oggetto:	RELAZIONE CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE				
Committente:	AMBRA SOLARE 3 S.r.l.				
Data:	02/2023	Revisione:	1.0		Cod. doc.:

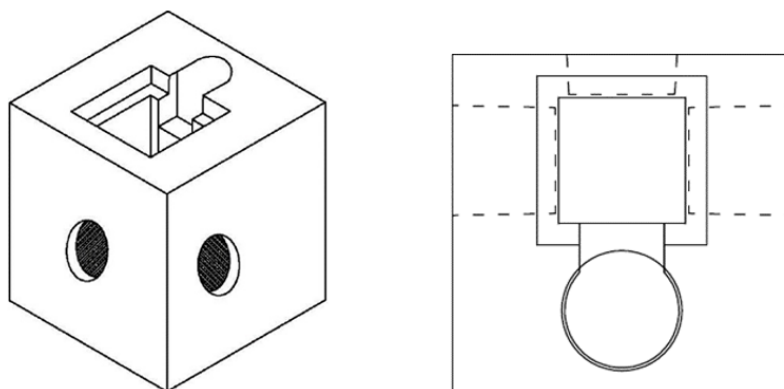


Figura 33: Plinti prefabbricati

22.6.1 Modalità di posa

Il manufatto va posato su uno strato di magrone di livellamento (dosaggio 150kg/m³). Il plinto dovrà essere posizionato per lo meno a fino piano stradale per garantire sia la planarità stradale che l'effetto aderenza al terreno circostante. Il riempimento della sezione cava attorno al plinto viene fatto con sabbia ben costipata.

Il palo dovrà essere assicurato al plinto attraverso la colatura di malta cementizia espandente nell'interspazio tra foro e palo in acciaio, al fine di garantire la condizione statica di incastro al piede di fondazione.

Lo schema di calcolo adottato per la valutazione delle sollecitazioni è quello di una mensola, di lunghezza pari all'altezza fuori terra del palo. Il plinto di fondazione è stato dimensionato con le massime sollecitazioni derivanti dal palo sovrastante. Per il calcolo delle strutture si è utilizzato il metodo semiprobabilistico agli stati limite.

22.6.2 Criteri di calcolo

Le verifiche per i carichi non sismici vengono eseguite allo stato limite ultimo, mediante il metodo dei coefficienti parziali di sicurezza sulle azioni e sulle resistenze secondo quanto riportato in NT2018.

Azioni di calcolo:

Tutte le condizioni di carico elementari di carico possono essere raggruppate nei seguenti gruppi di condizioni:

- G₁: azioni dovute al peso proprio e ai carichi permanenti strutturali;
- G₂: azioni dovute ai carichi permanenti non strutturali;
- P: azioni dovute ai carichi di precompressione;
- Q_{ik}: azioni dovute ai sovraccarichi accidentali.

Secondo quanto previsto dalle NTC 2018, si considerano tutte le combinazioni non sismiche del tipo:

$$F_d = \gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_p \cdot P + \gamma_q \left[Q_{ik} + \sum_i (\Psi_{0i} \cdot Q_{ik}) \right]$$

Essendo i γ i coefficienti parziali per le azioni favorevoli-sfavorevoli opportunamente tabellati.

In generale, per ogni stato limite deve essere verificata la condizione:

$$E_d < R_d$$

dove E_d rappresenta l'insieme amplificato delle azioni agenti, ed R_d l'insieme delle resistenze, queste ultime corrette in funzione della tipologia del metodo di approccio al calcolo eseguito, della geometria del sistema e delle proprietà meccaniche dei materiali e dei terreni in uso.

A seconda dell'approccio perseguito, sarà necessario applicare dei coefficienti di sicurezza o amplificativi, a seconda che si tratti del calcolo delle caratteristiche di resistenza o delle azioni agenti.


22.7 Verifica dei pali

22.7.1 Verifica del palo 1

Per le verifiche sul palo, sono stati utilizzati i seguenti parametri:

- Altezza del palo L= 6,00 m

Subject:	Progetto Agrivoltaico "LUCERA" -Potenza in Immissione 30 MW con accumulo da 5 MW	Project Code:	IT0PW003.071028
Document Title	Relazione Calcoli Preliminari Strutture	Date:	FEBRUARY 2023
Client:	AMBRA SOLARE 3 S.r.l.	Page:	47

Progetto:	PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO CON ACCUMULO E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE DA REALIZZARSI IN AGRO DI LUCERA E TROIA(FG), DENOMINATO "LUCERA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 30,86 MWP, POTENZA MASSIMA A.C. 25 MW, ACCUMULO PARI A 5 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 30 MW				
Oggetto:	RELAZIONE CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE				
Committente:	AMBRA SOLARE 3 S.r.l.				
Data:	02/2023	Revisione:	1.0		Cod. doc.:

- Diametro di base del palo D= 13,90 cm
- Spessore sezione trasversale t= 4,00 mm
- Tensione di snervamento acciaio S235 J0 $f_y= 235$ MPa

22.7.2 Verifica a flessione

Coefficiente Parziale di sicurezza per la resistenza:	$g_{MO}=1,05$
Coefficiente STR carichi accidentali	$g_Q=1,5$ (sfavorevoli)
Momento sollecitante massimo dovuto a S_1 :	$M_{sd} = g_Q * S_1 * \frac{L_{palo}}{2} = 2,34 \text{ kNm}$
Parametro sezione trasversale:	$\frac{D}{t} = 34,75$
Parametro resistenza classe sezione trasversale:	$\varepsilon = \left(\frac{235}{f_{yk}}\right)^{1/2} = 1$
Classe sezione trasversale:	= I ($D/t \leq 50 * \varepsilon^2=50$)
Modulo di resistenza plastico	$W_{pl} = \frac{D^3 - (D-2t)^3}{6} = 72921 \text{ mm}^3$
Momento resistente di progetto	$M_{rd} = \frac{W_{pl} * f_y}{\gamma_{Mo}} = 16,320 \text{ kNm}$

VERIFICATO

22.7.3 Verifica del palo 2

Per le verifiche sul palo, sono stati utilizzati i seguenti parametri:


- Altezza del palo L= 9,00 m
- Diametro di base del palo D= 15,20 cm
- Spessore sezione trasversale t= 4,00 mm
- Tensione di snervamento acciaio S235 J0 $f_y= 235$ MPa

22.7.4 Verifica a flessione

Coefficiente Parziale di sicurezza per la resistenza:	$g_{MO}=1,05$
Coefficiente STR carichi accidentali	$g_Q=1,5$ (sfavorevoli)
Momento sollecitante massimo dovuto a S_1 :	$M_{sd} = g_Q * S_1 * \frac{L_{palo}}{2} = 5,427 \text{ kNm}$
Parametro sezione trasversale:	$\frac{D}{t} = 34,75$
Parametro resistenza classe sezione trasversale:	$\varepsilon = \left(\frac{235}{f_{yk}}\right)^{1/2} = 1$
Classe sezione trasversale:	= I ($D/t \leq 50 * \varepsilon^2=50$)
Modulo di resistenza plastico	$W_{pl} = \frac{D^3 - (D-2t)^3}{6} = 87637 \text{ mm}^3$
Momento resistente di progetto	$M_{rd} = \frac{W_{pl} * f_y}{\gamma_{Mo}} = 19,614 \text{ kNm}$

VERIFICATO

Subject:	Progetto Agrivoltaico "LUCERA" -Potenza in Immissione 30 MW con accumulo da 5 MW	Project Code:	ITOPW003.071028
Document Title	Relazione Calcoli Preliminari Strutture	Date:	FEBRUARY 2023
Client:	AMBRA SOLARE 3 S.r.l.	Page:	48

Progetto:	PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO CON ACCUMULO E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE DA REALIZZARSI IN AGRO DI LUCERA E TROIA(FG), DENOMINATO "LUCERA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 30,86 MWP, POTENZA MASSIMA A.C. 25 MW, ACCUMULO PARI A 5 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 30 MW				
Oggetto:	RELAZIONE CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE				
Committente:	AMBRA SOLARE 3 S.r.l.				
Data:	02/2023	Revisione:	1.0		Cod. doc.:

23. SOFTWARE UTILIZZATI

23.1 Premessa

Le analisi e le verifiche sono state condotte con il metodo degli stati limite (SLU ed SLE) utilizzando i coefficienti parziali della normativa di cui al DM 17.01.2018 come in dettaglio specificato negli allegati tabulati di calcolo.

L'analisi delle sollecitazioni è stata effettuata in campo elastico lineare, per l'analisi sismica si è effettuata un'analisi dinamica modale.

SOFTWARE UTILIZZATO: **CDSWin versione 2019 con licenza chiave n° 19595 prodotto dalla S.T.S. s.r.l. Software Tecnico Scientifico S.r.l. Via Tre Torri n°11 – Compl. Tre Torri-95030 Sant'Agata li Battiati (CT).**

23.2 Codice di calcolo

Come previsto al § 10.2 "analisi e verifiche svolte con l'ausilio di codici di calcolo" delle norme tecniche di cui al D.M. 17.01.2018, l'affidabilità del codice utilizzato è stata verificata sia effettuando il raffronto tra casi prova di cui si conoscono i risultati esatti sia esaminando le indicazioni, la documentazione ed i test forniti dal produttore stesso. Si allega alla presente i test sui casi prova forniti dalla S.T.S. s.r.l., a riprova dell'affidabilità dei risultati ottenuti. La S.T.S. s.r.l. a riprova dell'affidabilità dei risultati ottenuti fornisce direttamente on-line i test sui casi prova (<http://www.stsweb.it/STSWeb/ITA/homepage.htm>)

Il software è inoltre dotato di filtri e controlli di autodiagnostica che agiscono a vari livelli sia della definizione del modello che del calcolo vero e proprio.

I controlli vengono visualizzati, sotto forma di tabulati, di videate a colori o finestre di messaggi.

In particolare il software è dotato dei seguenti filtri e controlli:

- Filtri per la congruenza geometrica del modello di calcolo generato
- Controlli a priori sulla presenza di elementi non connessi, interferenze, mesh non congruenti o non adeguate.
- Filtri sulla precisione numerica ottenuta, controlli su eventuali mal condizionamenti delle matrici, verifica dell'indice di condizionamento.
- Controlli sulle verifiche sezionali e sui limiti dimensionali per i vari elementi strutturali in funzione della normativa utilizzata.
- Controlli e verifiche sugli esecutivi prodotti.

23.3 Valutazione dei risultati e giudizio motivato sulla loro accettabilità

Il software utilizzato permette di modellare analiticamente il comportamento fisico della struttura utilizzando la libreria disponibile di elementi finiti.

Le funzioni di visualizzazione ed interrogazione sul modello permettono di controllare sia la coerenza geometrica che le azioni applicate rispetto alla realtà fisica.

Inoltre la visualizzazione ed interrogazione dei risultati ottenuti dall'analisi quali sollecitazioni, tensioni, deformazioni, spostamenti, reazioni vincolari hanno permesso un immediato controllo con i risultati ottenuti mediante schemi semplificati di cui è nota la soluzione in forma chiusa nell'ambito della Scienza delle Costruzioni.


Si è inoltre controllato che le reazioni vincolari diano valori in equilibrio con i carichi applicati, in particolare per i valori dei taglianti di base delle azioni sismiche si è provveduto a confrontarli con valori ottenuti da modelli SDOF semplificati.

Le sollecitazioni ottenute sulle travi per i carichi verticali direttamente agenti sono stati confrontati con semplici schemi a trave continua.

Per gli elementi inflessi di tipo bidimensionale si è provveduto a confrontare i valori ottenuti dall'analisi FEM con i valori di momento flettente ottenuti con gli schemi semplificati della Tecnica delle Costruzioni.

Si è inoltre verificato che tutte le funzioni di controllo ed autodiagnostica del software abbiano dato esito positivo

Subject:	Progetto Agrivoltaico "LUCERA" -Potenza in Immissione 30 MW con accumulo da 5 MW	Project Code:	ITOPW003.071028
Document Title	Relazione Calcoli Preliminari Strutture	Date:	FEBRUARY 2023
Client:	AMBRA SOLARE 3 S.r.l.	Page:	49


Progetto:	PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO CON ACCUMULO E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE DA REALIZZARSI IN AGRO DI LUCERA E TROIA(FG), DENOMINATO "LUCERA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 30,86 MWP, POTENZA MASSIMA A.C. 25 MW, ACCUMULO PARI A 5 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 30 MW			
Oggetto:	RELAZIONE CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE			
Committente:	AMBRA SOLARE 3 S.r.l.			
Data:	02/2023	Revisione:	1.0	Cod. doc.: ITOPW003.PD.01.REL.VIA2_RCPS

23.4 Prestazioni attese al collaudo

La struttura a collaudo dovrà essere conforme alle tolleranze dimensionali prescritte nella presente relazione, inoltre relativamente alle prestazioni attese esse dovranno essere quelle di cui al capitolo **9 "Collaudo statico"** del D.M. 17.01.2018.

Ai fini della verifica delle prestazioni il collaudatore farà riferimento ai valori di tensioni, deformazioni e spostamenti desumibili dall'allegato fascicolo dei calcoli statici per il valore delle azioni pari a quelle di esercizio.

Subject:	Progetto Agrivoltaico "LUCERA" -Potenza in Immissione 30 MW con accumulo da 5 MW	Project Code:	ITOPW003.071028
Document Title	Relazione Calcoli Preliminari Strutture	Date:	FEBRUARY 2023
Client:	AMBRA SOLARE 3 S.r.l.	Page:	50

Progetto:	PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO CON ACCUMULO E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE DA REALIZZARSI IN AGRO DI LUCERA E TROIA(FG), DENOMINATO "LUCERA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 30,86 MWP, POTENZA MASSIMA A.C. 25 MW, ACCUMULO PARI A 5 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 30 MW				
Oggetto:	RELAZIONE CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE				
Committente:	AMBRA SOLARE 3 S.r.l.				
Data:	02/2023	Revisione:	1.0		Cod. doc.:

24. ACCIAIO PER CARPENTERIA METALLICA

24.1 Generalità

Per la realizzazione di strutture metalliche e di strutture composte si dovranno utilizzare, secondo quanto riportato al § 11.3.4 "Acciai per strutture metalliche e per strutture composte" del DM 17/01/2018, acciai conformi alle norme armonizzate della serie UNI EN 10025 (per i laminati), UNI EN 10210 (per i tubi senza saldatura) e UNI EN 10219-1 (per i tubi saldati), recanti la Marcatura CE, cui si applica il sistema di attestazione della conformità 2+.

Per gli acciai di cui alle norme armonizzate UNI EN 10025, UNI EN 10210 ed UNI EN 10219-1, in assenza di specifici studi statistici di documentata affidabilità, ed in favore di sicurezza, per i valori delle tensioni caratteristiche di snervamento f_{yk} e di rottura f_{tk} da utilizzare nei calcoli, si assumono i valori nominali $f_y = ReH$ e $f_t = R_m$ riportati nelle relative norme di prodotto.

Gli elementi da porsi in opera dovranno rispettare le modalità di qualificazione e di controllo della produzione previste dalla normativa vigente e riportata in seguito.


In sede di progettazione, per gli acciai di cui alle norme europee EN 10025, EN 10210 ed EN 10219-1, si possono assumere nei calcoli i valori nominali delle tensioni caratteristiche di snervamento f_{yk} e di rottura f_{tk} riportati nelle tabelle seguenti.

Si utilizzeranno in particolare acciai di tipo S 275 JR per i vari elementi costituenti la struttura da realizzare come indicato nella tavola grafica.

Norme e qualità degli acciai	Spessore nominale "t" dell'elemento			
	t ≤ 40 mm		40 mm < t ≤ 80 mm	
	f_{yk} [N/mm ²]	f_{tk} [N/mm ²]	f_{yk} [N/mm ²]	f_{tk} [N/mm ²]
UNI EN 10025-2				
S 235	235	360	215	360
S 275	275	430	255	410
S 355	355	510	335	470
S 450	440	550	420	550
UNI EN 10025-3				
S 275 N/NL	275	390	255	370
S 355 N/NL	355	490	335	470
S 420 N/NL	420	520	390	520
S 460 N/NL	460	540	430	540
UNI EN 10025-4				
S 275 M/ML	275	370	255	360
S 355 M/ML	355	470	335	450
S 420 M/ML	420	520	390	500
S 460 M/ML	460	540	430	530
S460 Q/QL/QL1	460	570	440	580
UNI EN 10025-5				
S 235 W	235	360	215	340
S 355 W	355	510	335	490

Tabella 14: Tabella 4.2.1 "Laminati a caldo con profili a sezione aperta"

Subject:	Progetto Agrivoltaico "LUCERA" -Potenza in Immissione 30 MW con accumulo da 5 MW	Project Code:	ITOPW003.071028
Document Title	Relazione Calcoli Preliminari Strutture	Date:	FEBRUARY 2023
Client:	AMBRA SOLARE 3 S.r.l.	Page:	51

Progetto:	PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO CON ACCUMULO E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE DA REALIZZARSI IN AGRO DI LUCERA E TROIA(FG), DENOMINATO "LUCERA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 30,86 MWP, POTENZA MASSIMA A.C. 25 MW, ACCUMULO PARI A 5 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 30 MW				
Oggetto:	RELAZIONE CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE				
Committente:	AMBRA SOLARE 3 S.r.l.				
Data:	02/2023	Revisione:	1.0		Cod. doc.:

Norme e qualità degli acciai	Spessore nominale "t" dell'elemento			
	t ≤ 40 mm		40 mm < t ≤ 80 mm	
	f _{yk} [N/mm ²]	f _{tk} [N/mm ²]	f _{yk} [N/mm ²]	f _{tk} [N/mm ²]
UNI EN 10210-1				
S 235 H	235	360	215	340
S 275 H	275	430	255	410
S 355 H	355	510	335	490
S 275 NH/NLH	275	390	255	370
S 355 NH/NLH	355	490	335	470
S 420 NH/NLH	420	540	390	520
S 460 NH/NLH	460	560	430	550
UNI EN 10219-1				
S 235 H	235	360		
S 275 H	275	430		
S 355 H	355	510		
S 275 NH/NLH	275	370		
S 355 NH/NLH	355	470		
S 275 MH/MLH	275	360		
S 355 MH/MLH	355	470		
S 420 MH/MLH	420	500		
S460 MH/MLH	460	530		
S460 NH/NHL	460	550		

Tabella 15: Tabella 4.2.ii "Laminati a caldo con profili a sezione cava"

Nei calcoli statici che si andranno ad effettuare si assumono convenzionalmente i seguenti valori nominali delle proprietà del materiale:

- modulo elastico: $E = 210000 \text{ N/mm}^2$
- modulo di elasticità trasversale: $G = E / [2(1+\nu)]$
- coefficiente di Poisson: $\nu = 0.3$
- coefficiente di espansione: $\alpha = 12 \cdot 10^{-6} \text{ per } ^\circ\text{C}^{-1}$
- densità: $\rho = 7850 \text{ kg/m}^3$

Gli elementi secondari saranno realizzati con profili a freddo, secondo le Norme UNI EN 10326:2004 "Nastri e lamiere di acciaio per impieghi strutturali rivestiti per immersione a caldo in continuo - Condizioni tecniche di fornitura", si ordineranno della qualità S350GD e quindi dalla tabella seguente si ottiene la caratteristica meccanica del materiale.

Rispettivamente $f_{yk}=350 \text{ N/mm}^2$.

Table 1 — Steel grades and mechanical properties (longitudinal test pieces)

Designation			Chemical composition % by mass max.					Mechanical properties		
Steel grade	Steel number	Symbols for the types of hot-dip coating	C	Si	Mn	P	S	0.2 %-proof strength	Tensile strength	Elongation
								R _{e0.2} ^a	R _m ^b	A ₈₀ ^c
								MPa ^a	MPa ^a	%
								min.	min.	min.
S220GD	1.0241	+Z,+ZF,+ZA,+AZ	0.20	0.60	1.70	0.10	0.045	220	300	20
S250GD	1.0242	+Z,+ZF,+ZA,+AZ,+AS						250	330	19
S280GD	1.0244	+Z,+ZF,+ZA,+AZ,+AS						280	360	18
S320GD	1.0250	+Z,+ZF,+ZA,+AZ,+AS						320	390	17
S350GD	1.0529	+Z,+ZF,+ZA,+AZ,+AS						350	420	16
S550GD	1.0531	+Z,+ZF,+ZA,+AZ						550	560	-

^a 1MPa = 1 N/mm².
^a If the yield point is pronounced, the values apply to the upper yield point (R_{e1}).
^b For all grades except S550GD, a range of 140 MPa can be expected for tensile strength.
^c For product thicknesses ≤ 0.70 mm (including coating) the minimum elongation values (A₈₀) shall be reduced by 2 units.

Subject:	Progetto Agrivoltaico "LUCERA" -Potenza in Immissione 30 MW con accumulo da 5 MW	Project Code:	ITOPW003.071028
Document Title	Relazione Calcoli Preliminari Strutture	Date:	FEBRUARY 2023
Client:	AMBRA SOLARE 3 S.r.l.	Page:	52


Progetto:	PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO CON ACCUMULO E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE DA REALIZZARSI IN AGRO DI LUCERA E TROIA(FG), DENOMINATO "LUCERA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 30,86 MWP, POTENZA MASSIMA A.C. 25 MW, ACCUMULO PARI A 5 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 30 MW				
Oggetto:	RELAZIONE CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE				
Committente:	AMBRA SOLARE 3 S.r.l.				
Data:	02/2023	Revisione:	1.0	Cod. doc.:	

Table 1 — Steel grades and mechanical properties (longitudinal test pieces)

Designation			Chemical composition % by mass max.					Mechanical properties		
Steel name	Steel number	Symbols for the types of hot-dip coating	C	Si	Mn	P	S	0,2 %-proof strength	Tensile strength	Elongation
								$R_{p0,2}^a$	R_m^b	A_{gt}^c
								MPa *	MPa *	%
								min.	min.	min.
S220GD	1.0241	+Z,+ZF,+ZA,+AZ	0,20	0,60	1,70	0,10	0,045	220	300	20
S250GD	1.0242	+Z,+ZF,+ZA,+AZ,+AS						250	330	19
S280GD	1.0244	+Z,+ZF,+ZA,+AZ,+AS						280	360	18
S320GD	1.0250	+Z,+ZF,+ZA,+AZ,+AS						320	390	17
S350GD	1.0529	+Z,+ZF,+ZA,+AZ,+AS						350	420	16
S550GD	1.0531	+Z,+ZF,+ZA,+AZ						550	560	-


* 1MPa = 1 N/mm².

^a If the yield point is pronounced, the values apply to the upper yield point (R_{m1}).

^b For all grades except S550GD, a range of 140 MPa can be expected for tensile strength.

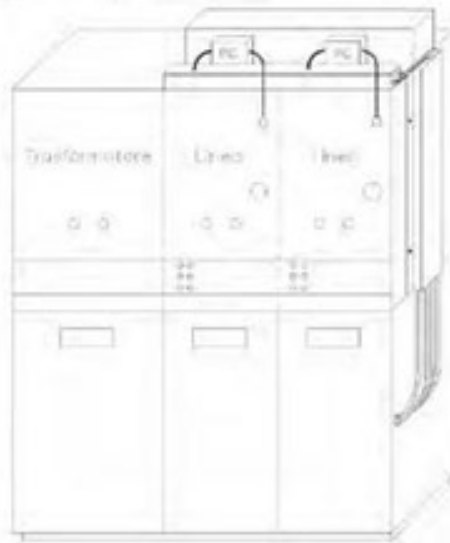
^c For product thicknesses $\leq 0,70$ mm (including coating) the minimum elongation values (A_{gt}) shall be reduced by 2 units.

Subject:	Progetto Agrivoltaico "LUCERA" -Potenza in Immissione 30 MW con accumulo da 5 MW	Project Code:	ITOPW003.071028
Document Title	Relazione Calcoli Preliminari Strutture	Date:	FEBRUARY 2023
Client:	AMBRA SOLARE 3 S.r.l.	Page:	53

Progetto:	PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO CON ACCUMULO E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE DA REALIZZARSI IN AGRO DI LUCERA E TROIA(FG), DENOMINATO "LUCERA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 30,86 MWP, POTENZA MASSIMA A.C. 25 MW, ACCUMULO PARI A 5 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 30 MW				
Oggetto:	RELAZIONE CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE				
Committente:	AMBRA SOLARE 3 S.r.l.				
Data:	02/2023	Revisione:	1.0		Cod. doc.:

24.2 Quadro in SF6

 Enel <small>L'ENERGIA CHE TI ASCOLTA.</small> Enel Distribuzione	SPECIFICA TECNICA	
	APPARECCHIATURE PREFABBRICATE 24 kV CON INVOLUCRO METALLICO ISOLATE IN ESAFLORURO DI ZOLFO (SF6) CON INTERRUTTORE	DY 900 <small>ed. 1 maggio 2011</small>




Matricola	Tipo Enel	Sigla descrittiva
16 21 05	900/1	2LE+1T
16 21 06	900/2	3LE+1T
16 21 07	900/3	3LEi
16 21 08	900/4	4LE+1T
16 21 09	900/5	4LEi

QUADRO SF6 INT 24 kV 16 kA 900 / X

ENI 900

Subject:	Progetto Agrivoltaico "LUCERA" -Potenza in Immissione 30 MW con accumulo da 5 MW	Project Code:	ITOPW003.071028
Document Title	Relazione Calcoli Preliminari Strutture	Date:	FEBRUARY 2023
Client:	AMBRA SOLARE 3 S.r.l.	Page:	54

Progetto:	PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO CON ACCUMULO E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE DA REALIZZARSI IN AGRO DI LUCERA E TROIA(FG), DENOMINATO "LUCERA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 30,86 MWP, POTENZA MASSIMA A.C. 25 MW, ACCUMULO PARI A 5 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 30 MW				
Oggetto:	RELAZIONE CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE				
Committente:	AMBRA SOLARE 3 S.r.l.				
Data:	02/2023	Revisione:	1.0		Cod. doc.:

24.3 Quadro in SF6 (Utente)

 Enel <small>L'ENERGIA CHE TI ASCOLTA.</small> Enel Distribuzione	SPECIFICA TECNICA	
	CABINE SECONDARIE APPARECCHIATURE PREFABBRICATE CON INVOLUCRO METALLICO ISOLATE IN SF6 COMPLESSO DI TRASFORMATORI DI MISURA UTENTE MT	DY 808 <small>ed.2 maggio 2011</small>

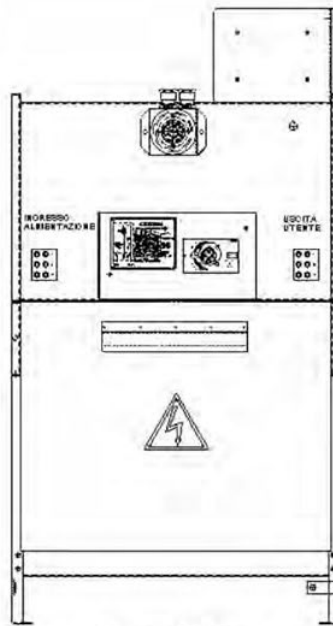



Figura 1: DY 808

MATRICOLA	TIPO	CARATTERISTICHE TV DMI 031015		CARATTERISTICHE TA DMI 031052		
		MATRICOLA	RAPPORTO (V / V)	MATRICOLA	RAPPORTO (A / A)	Icc (kA)
16 20 32	DY808 / 1	53 50 17	15000 / 100	53 20 58	50 / 5	16
16 20 33	DY808 / 2			53 20 70	400 / 5	
16 20 34	DY808 / 3			53 20 69	630 / 5	
16 20 35	DY808 / 4	53 50 24	20000 / 100	53 20 58	50 / 5	
16 20 36	DY808 / 5			53 20 70	400 / 5	
16 20 37	DY808 / 6			53 20 69	630 / 5	


QUADRO UTENTE SF6 DY808 / X XX / 5 XXkV

DY 808

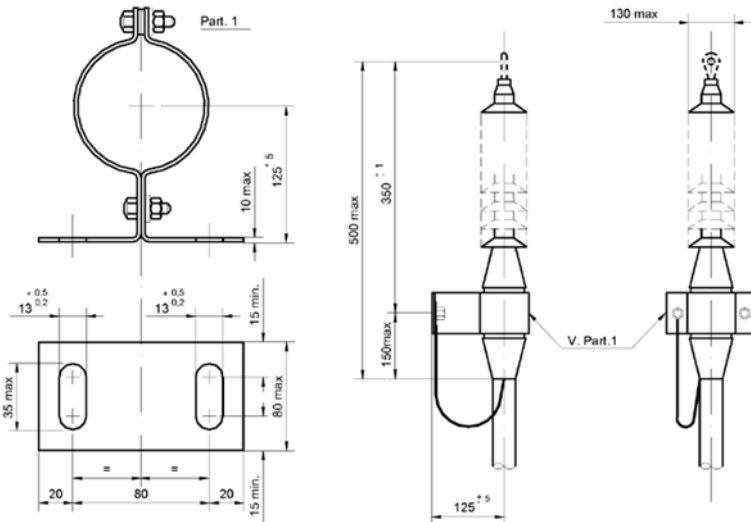
Subject:	Progetto Agrivoltaico "LUCERA" -Potenza in Immissione 30 MW con accumulo da 5 MW	Project Code:	ITOPW003.071028
Document Title	Relazione Calcoli Preliminari Strutture	Date:	FEBRUARY 2023
Client:	AMBRA SOLARE 3 S.r.l.	Page:	55

Progetto:	PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO CON ACCUMULO E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE DA REALIZZARSI IN AGRO DI LUCERA E TROIA(FG), DENOMINATO "LUCERA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 30,86 MWP, POTENZA MASSIMA A.C. 25 MW, ACCUMULO PARI A 5 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 30 MW				
Oggetto:	RELAZIONE CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE				
Committente:	AMBRA SOLARE 3 S.r.l.				
Data:	02/2023		Revisione:	1.0	Cod. doc.:

24.4 Terminali Unipolari

	TERMINALI UNIPOLARI PER INTERNO PER CAVI MT A CAMPO RADIALE CON ISOLAMENTO ESTRUSO	27 30 C
		DJ 4456
		Novembre 2006 Ed. V - 2/3


Dimensioni in mm



Matricola	273045	273046	273044	273040	273048	273049	
Tipo	DJ 4456/1	DJ 4456/2	DJ 4456/3	DJ 4456/6	DJ 4456/4	DJ 4456/5	
Caratteristiche del cavo	Tensione nominale di isolamento U ₀ /20 (kV)	12/20	12/20	12/20	12/20	12/20	
	Sezioni del cavo (mm ²)	25	50 ÷ 185	35 ÷ 150	70 ÷ 185	240	400÷630
	Diametri min/max sull'isolante (mm)	17 ÷ 20	19 ÷ 30	16 ÷ 28	19 ÷ 27	29 ÷ 32	35 ÷ 46
	Tipo di schermo	Fili Cu	Fili Cu	Tubo Al		Fili Cu	Fili Cu
Soluzione costruttiva	Retraibile						
Tensione nominale di isolamento verso terra U ₀ (kV)	12						
Tensione di prova a frequenza industriale (kV)	50						
Tensione di prova ad impulso (kVcresta)	125						

Esempio di descrizione ridotta:
TER X INT RETR X CAV ES 50 ÷ 185 m.m. 2

Subject:	Progetto Agrivoltaico "LUCERA" -Potenza in Immissione 30 MW con accumulo da 5 MW	Project Code:	ITOPW003.071028
Document Title	Relazione Calcoli Preliminari Strutture	Date:	FEBRUARY 2023
Client:	AMBRA SOLARE 3 S.r.l.	Page:	56

Progetto:	PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO CON ACCUMULO E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE DA REALIZZARSI IN AGRO DI LUCERA E TROIA(FG), DENOMINATO "LUCERA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 30,86 MWp, POTENZA MASSIMA A.C. 25 MW, ACCUMULO PARI A 5 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 30 MW				
Oggetto:	RELAZIONE CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE				
Committente:	AMBRA SOLARE 3 S.r.l.				
Data:	02/2023	Revisione:	1.0	Cod. doc.:	

24.5 Cavi MT 30 kV

 Enel Distribuzione	SPECIFICA DI COSTRUZIONE	
	Cavi MT tripolari ad elica visibile per posa interrata con conduttori in Al, isolamento a spessore ridotto, schermo in tubo di Al e guaina in PE Sigla designazione cavi: ARE4H5EX ARP1H5EX	DC 4385 Rev. 2 del Giugno 2008

PROSPETTO 1 - Caratteristiche dei cavi

1	2	3	4	5	6	7	8
Matricola	Tipo	Isolante	Numero di conduttori per sezione nominale (n° x mm ²)	Diametro circoscritto Dc max. (mm)	Massa circa (kg/km)	Portata (1) (A)	Corrente termica di corto circuito (2) (kA)
33 22 82	DC 4385/1	XLPE	3 x (1x70)	65	2150	200	9
	DC 4385/3	HPTE					
33 22 84	DC 4385/2	XLPE	3 x (1x185)	78	3550	360	24
	DC 4385/4	HPTE					

1. I valori di portata valgono in regime permanente per il cavo posato singolarmente e direttamente interrato alla profondità di 1,2 m, temperatura dei conduttori non superiore a 90 °C, temperatura del terreno 20 °C e resistività termica del terreno 1 °C m/W (Poiché allo stato attuale non esiste una normativa che recepisce pienamente il cavo in tabella, si consiglia di preferire la posa in tubo, in questo caso i limiti di portata sono circa : 160 A e 288 A)

2. I valori della corrente termica di corto circuito valgono nelle seguenti condizioni: durata del corto circuito 0,5 s, temperatura iniziale dei conduttori pari alla temperatura massima ammissibile in regime permanente (90 °C), temperatura finale dei conduttori 250 °C.

ESEMPIO DI DESCRIZIONE RIDOTTA

CAVO XXXXXX 12 / 20 kV 3 x (1 x XXX)

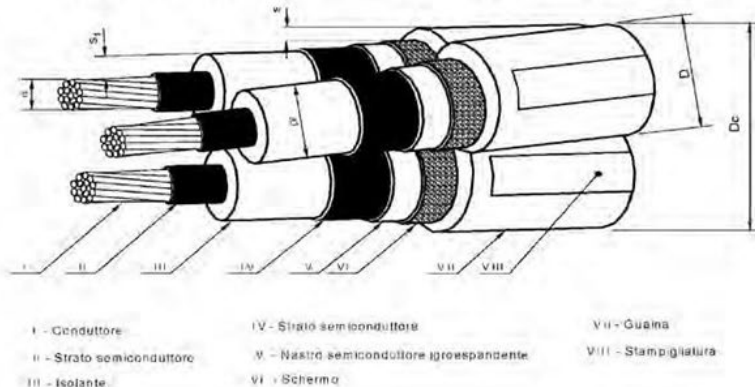




Fig. 1

DC4385

Subject:	Progetto Agrivoltaico "LUCERA" -Potenza in Immissione 30 MW con accumulo da 5 MW	Project Code:	ITOPW003.071028
Document Title	Relazione Calcoli Preliminari Strutture	Date:	FEBRUARY 2023
Client:	AMBRA SOLARE 3 S.r.l.	Page:	57

Progetto:	PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO CON ACCUMULO E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE DA REALIZZARSI IN AGRO DI LUCERA E TROIA(FG), DENOMINATO "LUCERA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 30,86 MWP, POTENZA MASSIMA A.C. 25 MW, ACCUMULO PARI A 5 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 30 MW				
Oggetto:	RELAZIONE CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE				
Committente:	AMBRA SOLARE 3 S.r.l.				
Data:	02/2023	Revisione:	1.0	Cod. doc.:	

24.6 Nastro Monitor

	<i>Linee in cavo sotterraneo MT</i>	Tavola
	MATERIALI SEGNALETICA	M6.1
		Ed. 1 Giugno 2003

Quote in mm




Fig. A

<input type="checkbox"/> GIUNTO MEDIA TENSIONE ESEGUITO DALL'IMPRESA : ROSSI MARIO E C. S.N.C. INDIRIZZO SOCIALE : VIA DELL'INDUSTRIA, 1259 - SANTARCANGELO DI ROMAGNA (RN) <input type="checkbox"/> GIORNO 22 MESE 09 ANNO 1996	<div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> <div style="border-left: 1px solid black; border-right: 1px solid black; height: 60px; margin: 0 5px;"></div> } </div> <p>60</p>
<div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> <div style="border-top: 1px solid black; border-bottom: 1px solid black; width: 280px; margin: 0 5px;"></div> } </div> <p>280</p>	


(Esempio di targa identificatrice esecutore giunto)
Materiale : PVC Sp.= 4 mm o Acciaio inox Sp.= 1mm

Fig. B

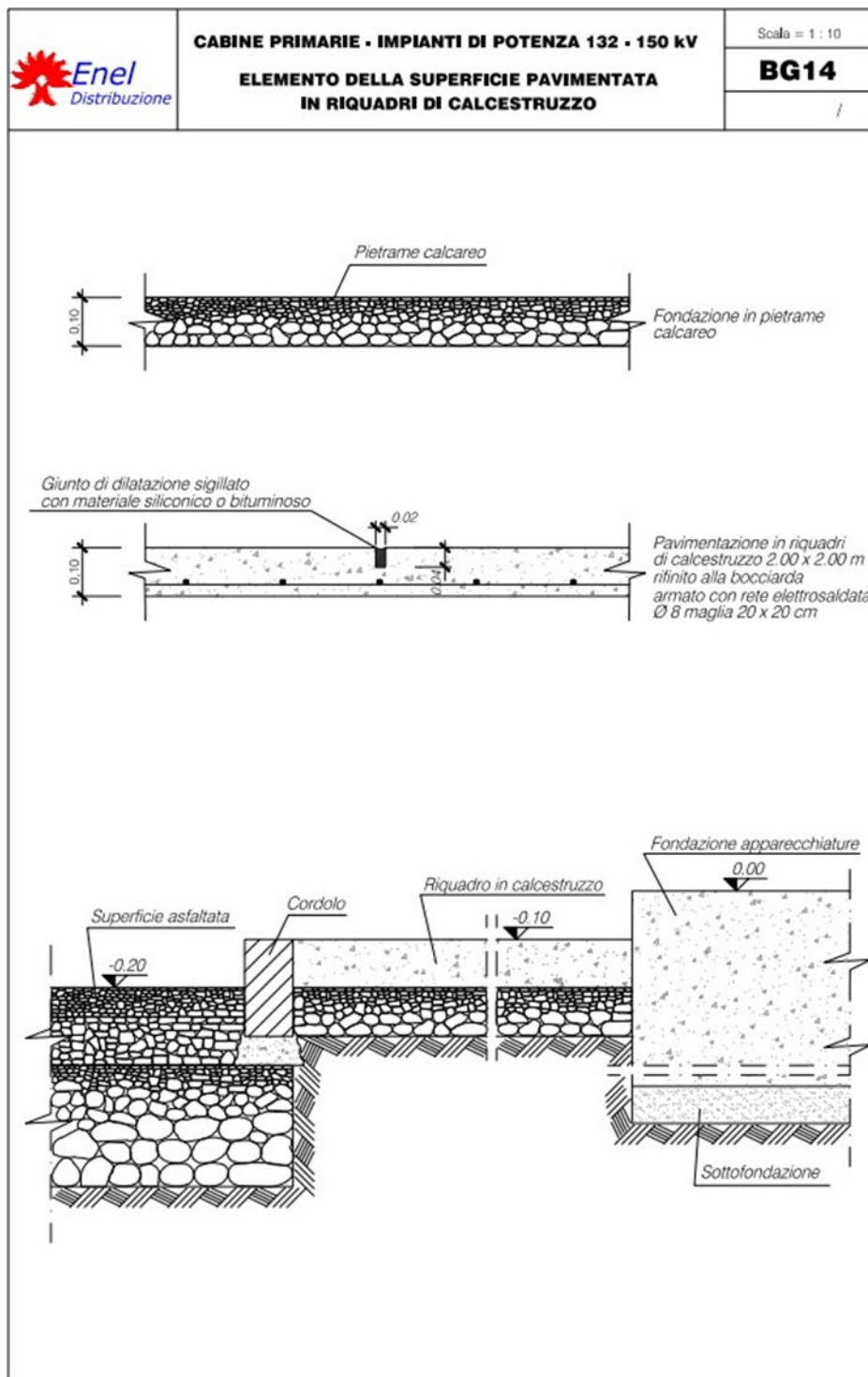
DIREZIONE RETE – SUPPORTO INGEGNERIA

Fig.	Denominazione	Matricola	Tabella
A	Nastro monitor per indicazione della presenza dei cavi elettrici interrati	85 88 33	DS 4285
B	Targa identificatrice esecutore giunto	----	----


Subject:	Progetto Agrivoltaico "LUCERA" -Potenza in Immissione 30 MW con accumulo da 5 MW	Project Code:	ITOPW003.071028
Document Title	Relazione Calcoli Preliminari Strutture	Date:	FEBRUARY 2023
Client:	AMBRA SOLARE 3 S.r.l.	Page:	58

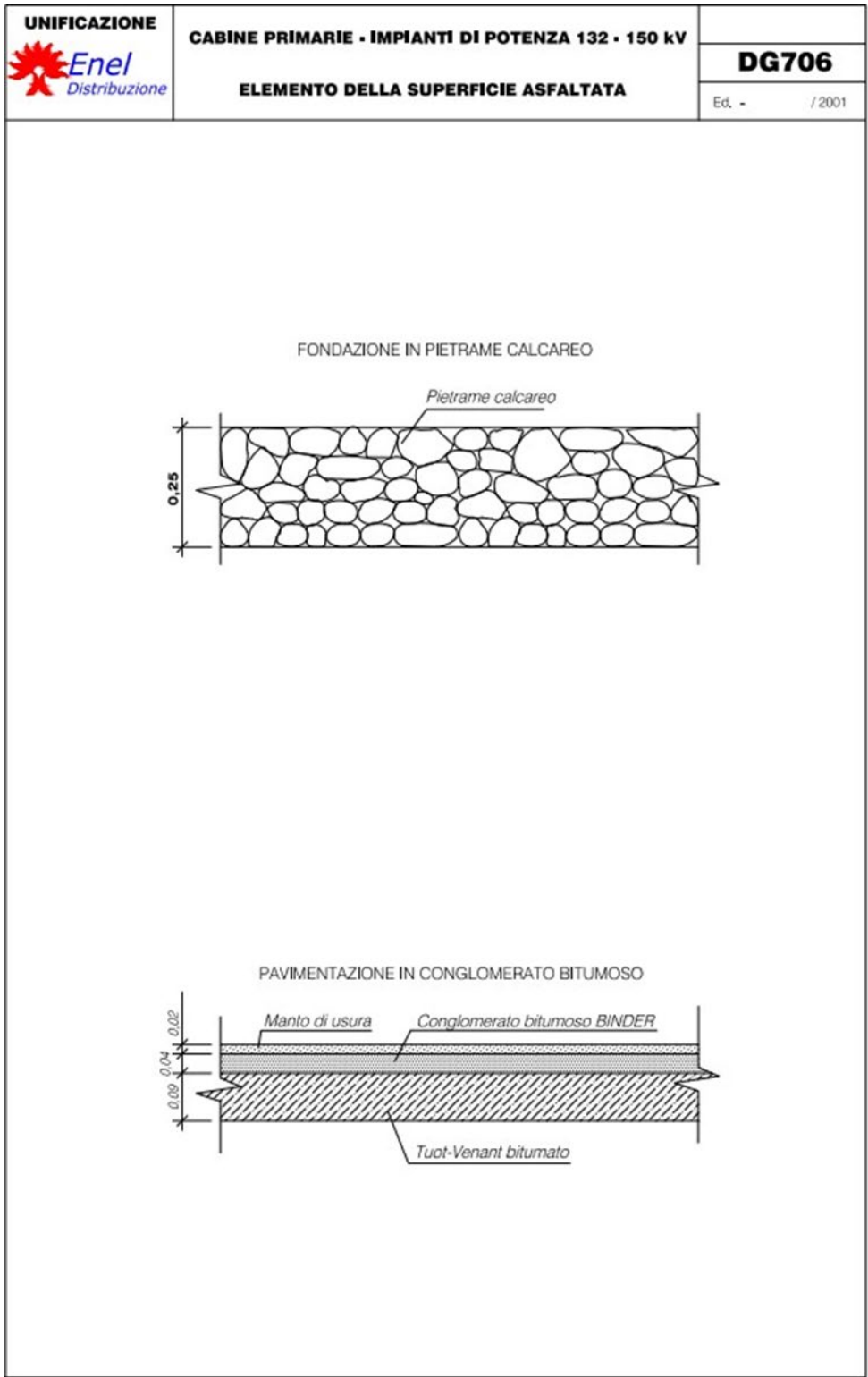
Progetto:	PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO CON ACCUMULO E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE DA REALIZZARSI IN AGRO DI LUCERA E TROIA(FG), DENOMINATO "LUCERA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 30,86 MWP, POTENZA MASSIMA A.C. 25 MW, ACCUMULO PARI A 5 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 30 MW				
Oggetto:	RELAZIONE CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE				
Committente:	AMBRA SOLARE 3 S.r.l.				
Data:	02/2023	Revisione:	1.0	Cod. doc.:	

24.7 Particolari costruttivi opere di connessione





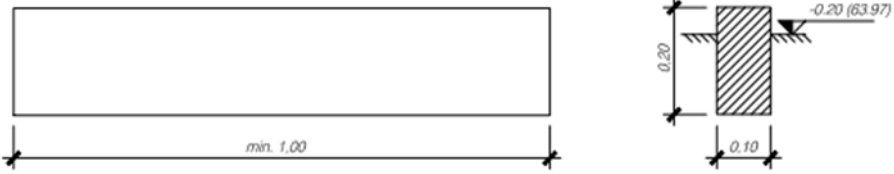
Subject:	Progetto Agrivoltaico "LUCERA" -Potenza in Immissione 30 MW con accumulo da 5 MW	Project Code:	ITOPW003.071028
Document Title	Relazione Calcoli Preliminari Strutture	Date:	FEBRUARY 2023
Client:	AMBRA SOLARE 3 S.r.l.	Page:	59

Progetto:	PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO CON ACCUMULO E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE DA REALIZZARSI IN AGRO DI LUCERA E TROIA(FG), DENOMINATO "LUCERA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 30,86 MWP, POTENZA MASSIMA A.C. 25 MW, ACCUMULO PARI A 5 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 30 MW				
Oggetto:	RELAZIONE CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE				
Committente:	AMBRA SOLARE 3 S.r.l.				
Data:	02/2023	Revisione:	1.0		Cod. doc.:



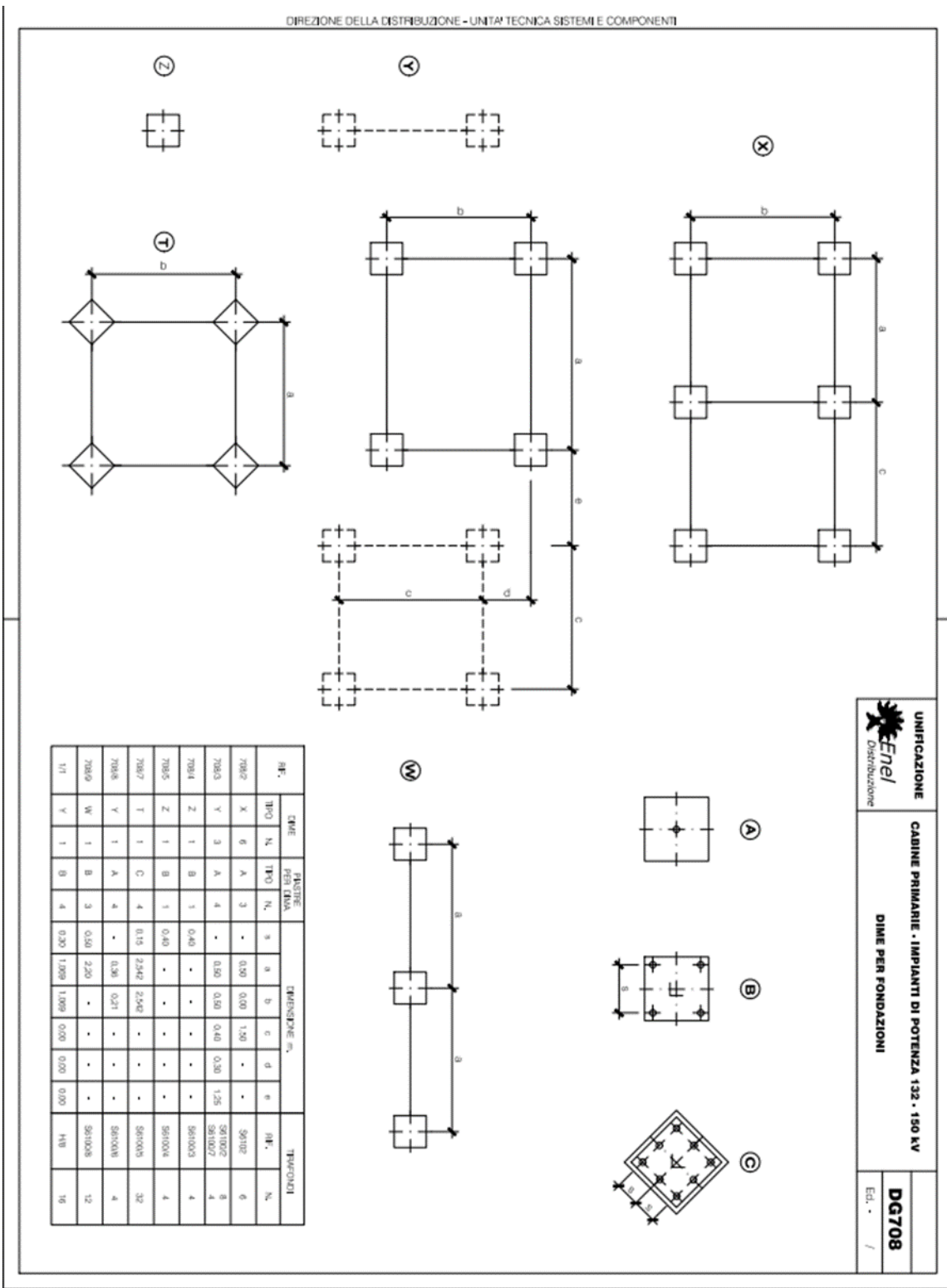
Subject:	Progetto Agrivoltaico "LUCERA" -Potenza in Immissione 30 MW con accumulo da 5 MW	Project Code:	ITOPW003.071028
Document Title	Relazione Calcoli Preliminari Strutture	Date:	FEBRUARY 2023
Client:	AMBRA SOLARE 3 S.r.l.	Page:	60

Progetto:	PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO CON ACCUMULO E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE DA REALIZZARSI IN AGRO DI LUCERA E TROIA(FG), DENOMINATO "LUCERA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 30,86 MWP, POTENZA MASSIMA A.C. 25 MW, ACCUMULO PARI A 5 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 30 MW				
Oggetto:	RELAZIONE CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE				
Committente:	AMBRA SOLARE 3 S.r.l.				
Data:	02/2023	Revisione:	1.0		Cod. doc.:

UNIFICAZIONE 	CABINE PRIMARIE - IMPIANTI DI POTENZA 132 - 150 kV CORDOLO PER DELIMITAZIONE ZONA PRATO	DG3608 Ed. -				
						
<table border="1" style="margin: auto;"> <thead> <tr> <th>RIF.</th> <th>VOLUME m³</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>3608</td> <td>0,02</td> </tr> </tbody> </table>			RIF.	VOLUME m ³	3608	0,02
RIF.	VOLUME m ³					
3608	0,02					
<p><i>- I cordoli dovranno essere in travertino o pietra naturale reperibile in zona, oppure in calcestruzzo prefabbricato. La lunghezza degli elementi sarà di tipo commerciale e comunque non inferiore ad 1m.</i></p>						

Subject:	Progetto Agrivoltaico "LUCERA" -Potenza in Immissione 30 MW con accumulo da 5 MW	Project Code:	IT0PW003.071028
Document Title	Relazione Calcoli Preliminari Strutture	Date:	FEBRUARY 2023
Client:	AMBRA SOLARE 3 S.r.l.	Page:	61

Progetto:	PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO CON ACCUMULO E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE DA REALIZZARSI IN AGRO DI LUCERA E TROIA(FG), DENOMINATO "LUCERA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 30,86 MWP, POTENZA MASSIMA A.C. 25 MW, ACCUMULO PARI A 5 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 30 MW		
Oggetto:	RELAZIONE CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE		
Committente:	AMBRA SOLARE 3 S.r.l.		
Data:	02/2023	Revisione:	1.0
		Cod. doc.:	IT0PW003.PD.01.REL.VIA2_RCPS



UNIFICAZIONE
CABINETTE PRIMARIE - IMPIANTI DI POTENZA 132 - 150 kV
DIME PER FONDAZIONI
DG708
 Ed. . /

Progetto:	PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO CON ACCUMULO E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE DA REALIZZARSI IN AGRO DI LUCERA E TROIA(FG), DENOMINATO "LUCERA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 30,86 MWP, POTENZA MASSIMA A.C. 25 MW, ACCUMULO PARI A 5 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 30 MW		
Oggetto:	RELAZIONE CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE		
Committente:	AMBRA SOLARE 3 S.r.l.		
Data:	02/2023	Revisione:	1.0
Cod. doc.:	IT0PW003.PD.01.REL.VIA2_RCPS		

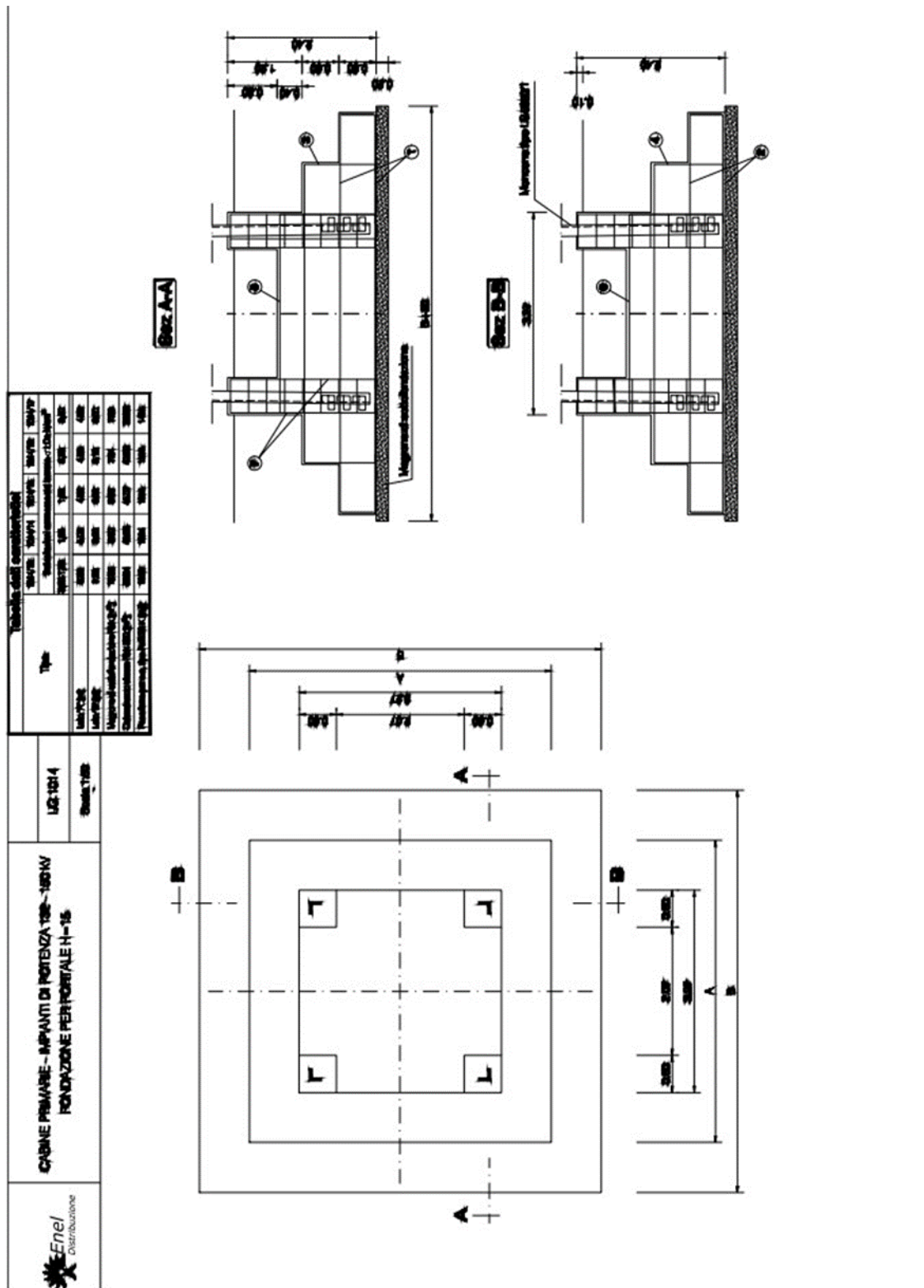


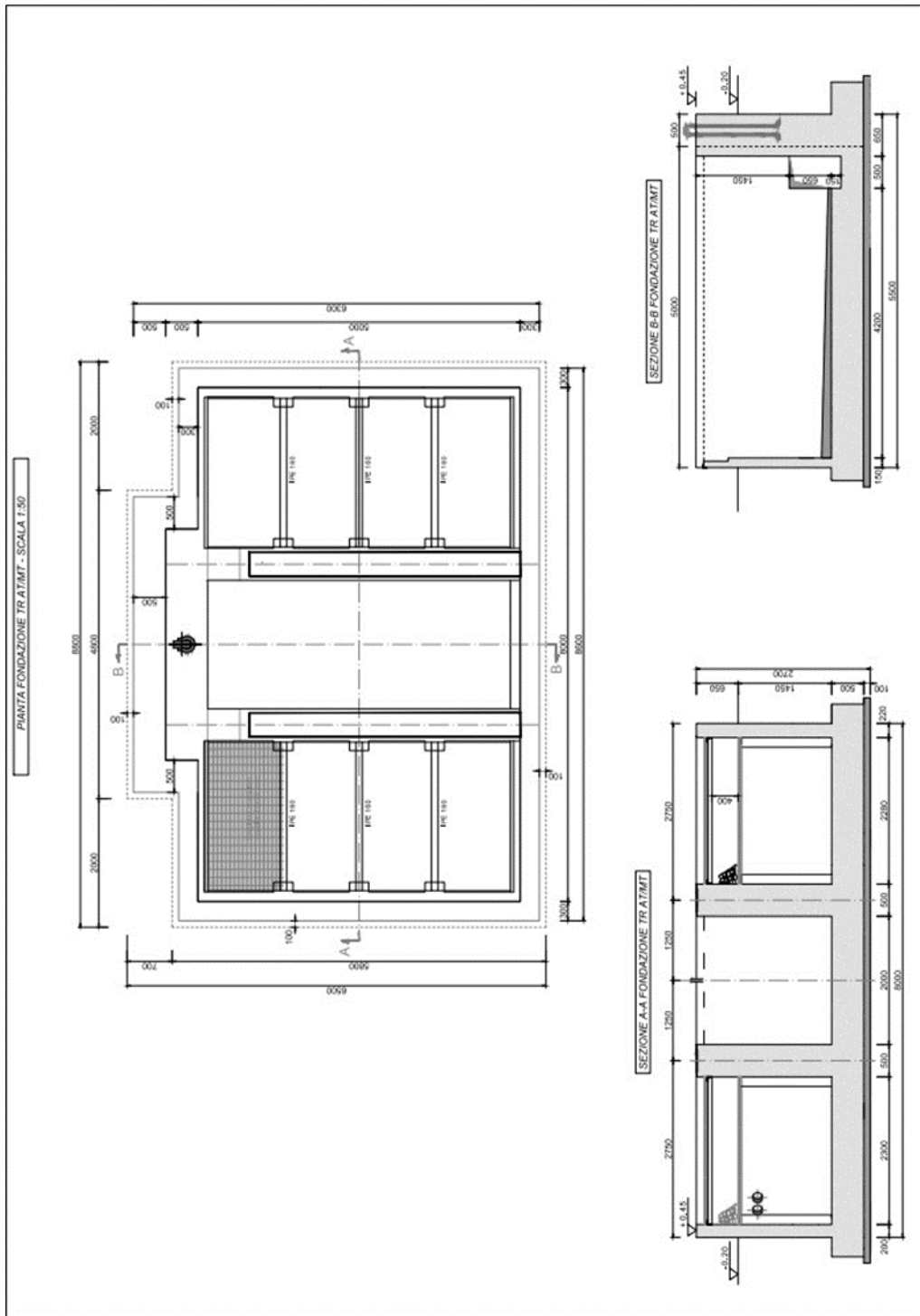
Tabella dati commerciali

Tipi	2017B	2017A	2017V	2017S	2017P	2017T	2017R
2017B	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2017A	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2017V	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2017S	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2017P	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2017T	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2017R	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00


102-1014
CABINE PRIMARIE - IMPIANTI DI POTENZA 100-180kW
 FONDAZIONE PER PORTALE N°15



Progetto:	PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO CON ACCUMULO E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE DA REALIZZARSI IN AGRO DI LUCERA E TROIA(FG), DENOMINATO "LUCERA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 30,86 MWP, POTENZA MASSIMA A.C. 25 MW, ACCUMULO PARI A 5 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 30 MW		
Oggetto:	RELAZIONE CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE		
Committente:	AMBRA SOLARE 3 S.r.l.		
Data:	02/2023	Revisione:	1.0
		Cod. doc.:	ITOPW003.PD.01.REL.VIA2_RCPS

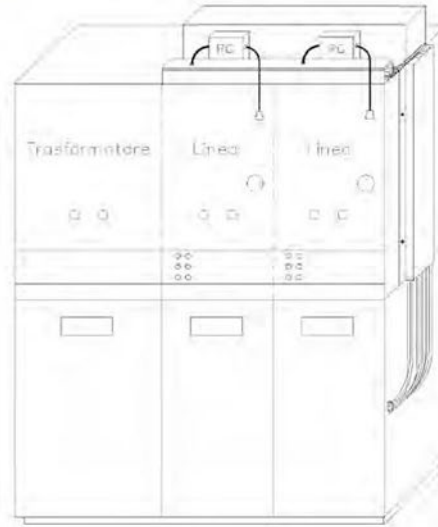


Subject:	Progetto Agrivoltaico "LUCERA" -Potenza in Immissione 30 MW con accumulo da 5 MW	Project Code:	ITOPW003.071028
Document Title	Relazione Calcoli Preliminari Strutture	Date:	FEBRUARY 2023
Client:	AMBRA SOLARE 3 S.r.l.	Page:	64

Progetto:	PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO CON ACCUMULO E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE DA REALIZZARSI IN AGRO DI LUCERA E TROIA(FG), DENOMINATO "LUCERA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 30,86 MWP, POTENZA MASSIMA A.C. 25 MW, ACCUMULO PARI A 5 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 30 MW				
Oggetto:	RELAZIONE CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE				
Committente:	AMBRA SOLARE 3 S.r.l.				
Data:	02/2023	Revisione:	1.0		Cod. doc.:

25. SOLUZIONI COSTRUTTIVE E LINEE GUIDA E-DISTRIBUZIONE LINEE INTERRATE

 L'ENERGIA CHE TI ASCOLTA. Enel Distribuzione	SPECIFICA TECNICA	
	APPARECCHIATURE PREFABBRICATE 24 kV CON INVOLUCRO METALLICO ISOLATE IN ESAFLORURO DI ZOLFO (SF6) CON INTERRUTTORE	DY 900 ed. 1 maggio 2011




Matricola	Tipo Enel	Sigla descrittiva
16 21 05	900/1	2LEi+1T
16 21 06	900/2	3LEi+1T
16 21 07	900/3	3LEi
16 21 08	900/4	4LEi+1T
16 21 09	900/5	4LEi

QUADRO SF6 INT 24 kV 16 kA 900 / X

DY 900

Subject:	Progetto Agrivoltaico "LUCERA" -Potenza in Immissione 30 MW con accumulo da 5 MW	Project Code:	IT0PW003.071028
Document Title	Relazione Calcoli Preliminari Strutture	Date:	FEBRUARY 2023
Client:	AMBRA SOLARE 3 S.r.l.	Page:	65

Progetto:	PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO CON ACCUMULO E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE DA REALIZZARSI IN AGRO DI LUCERA E TROIA(FG), DENOMINATO "LUCERA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 30,86 MWP, POTENZA MASSIMA A.C. 25 MW, ACCUMULO PARI A 5 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 30 MW				
Oggetto:	RELAZIONE CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE				
Committente:	AMBRA SOLARE 3 S.r.l.				
Data:	02/2023	Revisione:	1.0	Cod. doc.:	

 <p>Enel L'ENERGIA CHE TI ASCOLTA. Enel Distribuzione</p>	SPECIFICA DI COSTRUZIONE	
	Cavi MT tripolari ad elica visibile per posa interrata con conduttori in Al, isolamento a spessore ridotto, schermo in tubo di Al e guaina in PE	DC 4385 Rev. 2 del Giugno 2008
	Sigla designazione cavi: ARE4H5EX ARP1H5EX	

PROSPETTO 1 - Caratteristiche dei cavi

1	2	3	4	5	6	7	8
Matricola	Tipo	Isolante	Numero di conduttori per sezione nominale (n° x mm ²)	Diametro circoscritto Dc max. (mm)	Massa circa (kg/km)	Portata (1) (A)	Corrente termica di corto circuito (2) (kA)
33 22 82	DC 4385/1	XLPE	3 x (1x70)	65	2150	200	9
	DC 4385/3	HPTE					
33 22 84	DC 4385/2	XLPE	3 x (1x185)	78	3550	360	24
	DC 4385/4	HPTE					

1. I valori di portata valgono in regime permanente per il cavo posato singolarmente e direttamente interrato alla profondità di 1,2 m, temperatura dei conduttori non superiore a 90 °C, temperatura del terreno 20 °C e resistività termica del terreno 1 °C m/W (Poiché allo stato attuale non esiste una normativa che recepisce pienamente il cavo in tabella, si consiglia di preferire la posa in tubo, in questo caso i limiti di portata sono circa : 160 A e 288 A)

2. I valori della corrente termica di corto circuito valgono nelle seguenti condizioni: durata del corto circuito 0,5 s, temperatura iniziale dei conduttori pari alla temperatura massima ammissibile in regime permanente (90 °C), temperatura finale dei conduttori 250 °C.

ESEMPIO DI DESCRIZIONE RIDOTTA

CAVO XXXXXXXX 12 / 20 kV 3 x (1 x XXX)

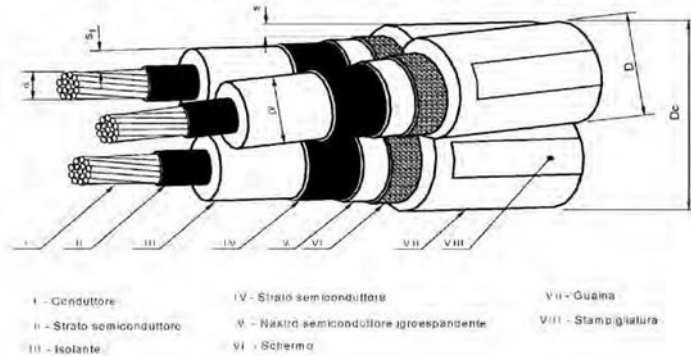



Fig. 1

DC-4385

Il Progettista


Subject:	Progetto Agrivoltaico "LUCERA" -Potenza in Immissione 30 MW con accumulo da 5 MW	Project Code:	ITOPW003.071028
Document Title	Relazione Calcoli Preliminari Strutture	Date:	FEBRUARY 2023
Client:	AMBRA SOLARE 3 S.r.l.	Page:	66

Progetto:	PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO CON ACCUMULO E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE DA REALIZZARSI IN AGRO DI LUCERA E TROIA(FG), DENOMINATO "LUCERA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 30,86 MWP, POTENZA MASSIMA A.C. 25 MW, ACCUMULO PARI A 5 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 30 MW				
Oggetto:	RELAZIONE CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE				
Committente:	AMBRA SOLARE 3 S.r.l.				
Data:	02/2023	Revisione:	1.0		Cod. doc.:

INDICE DELLE FIGURE

Figura 1: Localizzazione dell'impianto su base Ortofoto	5
Figura 2: Schema della struttura - sezione	7
Figura 3: Schema della struttura - viste	8
Figura 4: Esempio di modello realizzato con CDSWIN 2018.....	9
Figura 5: Scheda pannello	11
Figura 6: Zone di carico della neve.....	14
Figura 7: Condizioni di carico per coperture ad una falda.....	15
Figura 8: Tabella 3.4.II "Valori del coefficiente di forma"	15
Figura 9: Figura C3.3.1- Valori del coefficiente α_R in funzione del periodo di ritorno T_R	17
Figura 10: Definizione delle categorie di esposizione	18
Figura 11: Tettoie a semplice falda: posizione del punto di applicazione della forza risultante in funzione della direzione di provenienza del vento e della direzione della forza	19
Figura 12: Zone della temperatura dell'aria esterna.	20
Figura 13: Tab. 3.5.III "Coefficienti di dilatazione termica a temperatura ambiente"	21
Figura 14: Dettaglio profili strutture	25
Figura 15: Modello tridimensionale.....	26
Figura 16: Diagramma sollecitazioni Mx My Comb1.....	26
Figura 17: Diagramma sollecitazioni Mx My Comb2 (vento)	27
Figura 18: Diagramma spostamenti Comb2 (vento).....	27
Figura 19: Classificazione sezioni	28
Figura 20: Parametri significativi per i collegamenti.....	29
Figura 21: Cabine elettriche	31
Figura 22: Modello 3D	33
Figura 23: Modellazione elementi finiti.....	33
Figura 24: Valutazione degli spostamenti massimi	34
Figura 25: Valutazione degli spostamenti massimi	34
Figura 26: Sollecitazioni elementi shell.....	34
Figura 27: Modello strutturale 3D	35
Figura 28: Pressioni terreno	35
Figura 29: Stato tensionale ideale.....	36
Figura 30: Stato deformativo	36
Figura 31: Schema per il calcolo della capacità portante di un palo isolato.....	40
Figura 32: Valori del coefficiente α	41
Figura 33: Plinti prefabbricati.....	47

Subject:	Progetto Agrivoltaico "LUCERA" -Potenza in Immissione 30 MW con accumulo da 5 MW	Project Code:	ITOPW003.071028
Document Title	Relazione Calcoli Preliminari Strutture	Date:	FEBRUARY 2023
Client:	AMBRA SOLARE 3 S.r.l.	Page:	67

Progetto:	PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO CON ACCUMULO E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE DA REALIZZARSI IN AGRO DI LUCERA E TROIA(FG), DENOMINATO "LUCERA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 30,86 MWP, POTENZA MASSIMA A.C. 25 MW, ACCUMULO PARI A 5 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 30 MW				
Oggetto:	RELAZIONE CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE				
Committente:	AMBRA SOLARE 3 S.r.l.				
Data:	02/2023	Revisione:	1.0		Cod. doc.:

INDICE DELLE TABELLE

Tabella 1: Dati geografici di progetto	5
Tabella 2: Dati catastali di progetto	6
Tabella 3: Tabella 2.4.I "Valori minimi della Vita nominale di progetto per i diversi tipi di costruzioni"	12
Tabella 4: Tabella 2.4.II "Valore del coefficiente d'uso"	12
Tabella 5: Tabella C.3.2.I "Valori di T_R espressi in funzione di V_R "	13
Tabella 6: Parametri caratteristici e spettri di progetto	13
Tabella 7: Tab. 3.3.II "Parametri per la definizione del coefficiente di esposizione"	16
Tabella 8: Tab. 3.3.I "Valori dei parametri $v_{b,0}$, a_0 , k_s "	16
Tabella 9: Edifici rettangolari: c_{pe} per coperture piane.....	18
Tabella 10: Tabella C3.3. XV "Coefficienti di forza per tettoie a semplice falda (α in °)"	19
Tabella 11: Tabella 2.5.I. "Valori dei coefficienti di combinazione"	23
Tabella 12: Tabella 2.6.I "Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni nelle verifiche allo SLU"	23
Tabella 13: Tabella 11.3.XIII.b	29
Tabella 14: Tabella 4.2.I "Laminati a caldo con profili a sezione aperta"	51
Tabella 15: Tabella 4.2.II "Laminati a caldo con profili a sezione cava"	52

Subject:	Progetto Agrivoltaico "LUCERA" -Potenza in Immissione 30 MW con accumulo da 5 MW	Project Code:	ITOPW003.071028
Document Title	Relazione Calcoli Preliminari Strutture	Date:	FEBRUARY 2023
Client:	AMBRA SOLARE 3 S.r.l.	Page:	68