

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

<b>Progetto:</b>	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 FOGGIA E MANFREDONIA (FG), DENOMINATO "TAVERNOLA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 49,66 MWP, POTENZA A.C. 45 MW, ACCUMULO PARI A 10 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 55 MW				
<b>Oggetto:</b>	RELAZIONE CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE				
<b>Committente:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.				
<b>Data:</b>	06/2022	<b>Revisione:</b>	1.0		<b>Cod. doc.:</b>

## SOMMARIO

<b>1. PREMESSA .....</b>	<b>3</b>
<b>2. LOCALIZZAZIONE SITO .....</b>	<b>4</b>
2.1 Disponibilità delle aree e stato "ante-operam" .....	4
<b>3. caratteristiche geometriche, funzionali e costruttive .....</b>	<b>6</b>
<b>4. CARATTERISTICHE STRUTTURALI .....</b>	<b>7</b>
<b>5. IPOTESI DI CALCOLO E NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....</b>	<b>8</b>
<b>6. CALCOLI STATICI.....</b>	<b>10</b>
6.1 ANALISI DEI CARICHI .....	10
6.2 carichi permanenti.....	10
6.3 carichi accidentali .....	10
6.3.1 Azioni sismiche .....	10
6.4 carico neve .....	12
6.5 azione del vento .....	13
6.6 Azione della temperatura .....	17
6.7 riassunto finale dei carichi accidentali .....	17
<b>7. COMBINAZIONE DI CARICO .....</b>	<b>18</b>
<b>8. MODELLAZIONE STRUTTURALE .....</b>	<b>20</b>
8.1 geometria portale tipo.....	20
<b>9. OUTPUT DEI RISULTATI .....</b>	<b>22</b>
<b>10. CLASSIFICAZIONE SEZIONI .....</b>	<b>24</b>
<b>11. VERIFICHE DEI COLLEGAMENTI.....</b>	<b>25</b>
<b>12. CABINE ELETTRICHE .....</b>	<b>27</b>
<b>13. SOTTOSTAZIONE DI TRASFORMAZIONE E CONSEGNA .....</b>	<b>28</b>
<b>14. VERIFICHE STRUTTURALI CABINE.....</b>	<b>29</b>
14.1 Cabina di raccolta dei cavi MT da installare all'interno del campo.....	29
<b>15. SOTTOSTAZIONE DI TRASFORMAZIONE E CONSEGNA .....</b>	<b>31</b>
15.1 Fondazione Trasformatori.....	31
<b>16. SOTTOSTAZIONE DI TRASFORMAZIONE E CONSEGNA .....</b>	<b>33</b>
<b>17. INDICAZIONE PER FONDAZIONE CABINE.....</b>	<b>34</b>
<b>18. SPECIFICHE TECNICHE RECINZIONI E CANCELLI .....</b>	<b>35</b>
<b>19. CALCOLO DELLA CAPACITA' PORTANTE PER CARICO VERTICALE DI UN PALO ISOLATO IN CONDIZIONI STATICHE.....</b>	<b>36</b>

<b>Subject:</b>	Progetto Agrivoltaico "TAVERNOLA" -Potenza in Immissione 55 MW con accumulo da 10 MW	<b>Project Code:</b>	IT0PW004.071024
<b>Document Title</b>	Relazione calcoli preliminari strutture	<b>Date:</b>	JUNE 2022
<b>Client:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.	<b>Page:</b>	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 FOGGIA E MANFREDONIA (FG), DENOMINATO "TAVERNOLA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 49,66 MWP, POTENZA A.C. 45 MW, ACCUMULO PARI A 10 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 55 MW				
Oggetto:	RELAZIONE CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE				
Committente:	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.				
Data:	06/2022	Revisione:	1.0		Cod. doc.:

<b>20.</b>	<b>VERIFICA DELLA CAPACITA' PORTANTE</b>	<b>38</b>
<b>21.</b>	<b>VERIFICA DI TIRO</b>	<b>39</b>
<b>22.</b>	<b>PREDISPOSIZIONE INSTALLAZIONE PALI ALL'INTERNO DELL'IMPIANTO FV</b>	<b>40</b>
22.1	<b>Caratteristiche dei materiali</b>	<b>40</b>
22.1.1	Calcestruzzo per plinto fondazione	Errore. Il segnalibro non è definito.
22.1.2	Acciaio per c.a. del plinto di fondazione	Errore. Il segnalibro non è definito.
22.1.3	Acciaio da costruzione	40
22.2	<b>Analisi dei carichi</b>	<b>40</b>
22.3	<b>Carichi permanenti</b>	<b>40</b>
22.4	<b>Azioni del vento secondo NTC2018</b>	<b>40</b>
22.4.1	Calcolo dei coefficienti	41
22.4.2	Valutazione dell'azione del vento sui pali	41
22.4.3	Definizione dell'azione sismica	41
22.4.4	Definizione dell'azione sismica	41
22.4.5	Azione sismica	42
22.5	<b>Scelta dei plinti prefabbricati</b>	<b>42</b>
22.5.1	Modalità di posa	43
22.5.2	Criteri di calcolo	43
22.6	<b>Verifica dei pali</b>	<b>43</b>
22.6.1	Verifica del palo 1 h =6	43
22.6.2	Verifica a flessione	43
22.6.3	Verifica del palo 2 h =9	44
22.6.4	Verifica a flessione	44
<b>23.</b>	<b>SOFTWARE UTILIZZATI</b>	<b>45</b>
23.1	<b>Premessa</b>	<b>45</b>
23.2	<b>Codice di calcolo</b>	<b>45</b>
23.3	<b>Valutazione dei risultati e giudizio motivato sulla loro accettabilità</b>	<b>45</b>
23.4	<b>Prestazioni attese al collaudo</b>	<b>46</b>
<b>24.</b>	<b>ACCIAIO PER CARPENTERIA METALLICA</b>	<b>47</b>
24.1	<b>Generalità</b>	<b>47</b>
24.2	<b>Quadro in SF6</b>	<b>49</b>
24.3	<b>Quadro in SF6 (Utente)</b>	<b>50</b>
24.4	<b>Terminali Unipolari</b>	<b>51</b>
24.5	<b>Cavi MT 30 kV</b>	<b>52</b>
24.6	<b>Nastro Monitor</b>	<b>53</b>
24.7	<b>Particolari costruttivi opere di connessione</b>	<b>54</b>
<b>25.</b>	<b>SOLUZIONI COSTRUTTIVE E LINEE GUIDA E-DISTRIBUZIONE LINEE INTERRATE</b>	<b>60</b>

Subject:	Progetto Agrivoltaico "TAVERNOLA" -Potenza in Immissione 55 MW con accumulo da 10 MW	Project Code:	IT0PW004.071024
Document Title	Relazione calcoli preliminari strutture	Date:	JUNE 2022
Client:	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.	Page:	2

<b>Progetto:</b>	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 FOGGIA E MANFREDONIA (FG), DENOMINATO "TAVERNOLA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 49,66 MWP, POTENZA A.C. 45 MW, ACCUMULO PARI A 10 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 55 MW				
<b>Oggetto:</b>	RELAZIONE CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE				
<b>Committente:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.				
<b>Data:</b>	06/2022	<b>Revisione:</b>	1.0		<b>Cod. doc.:</b>

## 1. PREMESSA

Il presente progetto ha come obiettivo la realizzazione di un impianto agrivoltaico denominato "Tavernola" 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.

<b>Subject:</b>	Progetto Agrivoltaico "TAVERNOLA" -Potenza in Immissione 55 MW con accumulo da 10 MW	<b>Project Code:</b>	IT0PW004.071024
<b>Document Title</b>	Relazione calcoli preliminari strutture	<b>Date:</b>	JUNE 2022
<b>Client:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.	<b>Page:</b>	3

<b>Progetto:</b>	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 FOGGIA E MANFREDONIA (FG), DENOMINATO "TAVERNOLA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 49,66 MWP, POTENZA A.C. 45 MW, ACCUMULO PARI A 10 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 55 MW				
<b>Oggetto:</b>	RELAZIONE CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE				
<b>Committente:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.				
<b>Data:</b>	06/2022	<b>Revisione:</b>	1.0		<b>Cod. doc.:</b>

## 2. LOCALIZZAZIONE SITO

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

La superficie totale dell'intervento è pari a circa **87,16** ha. Di questa quella recintata ed utilizzata per l'installazione dei moduli fotovoltaici è circa **689.882,2 m<sup>2</sup> (68,99** ha) e 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**, **24** km dal Comune di **Manfredonia**.

L'area è servita dalla SP 116 Adriatica e dalla viabilità locale ed interpodereale. Di seguito si riportano le coordinate geografiche e l'ubicazione:

- o Latitudine: 41.491253°N
- o Longitudine: 15.690981°E
- o Altitudine: 32 m s.l.m.



Figura 1: Rappresentazione del tracciato degli elettrodotti 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.

<b>Denominazione impianto</b>	TAVERNOLA
<b>Regione</b>	PUGLIA
<b>Provincia</b>	FOGGIA
<b>Comune</b>	FOGGIA, MANFREDONIA
<b>Estensione area interessata dall'intervento</b>	689.882,2 m <sup>2</sup> (68,99 ha)
<b>Longitudine</b>	15.600981°E
<b>Latitudine</b>	41.491253°N
<b>Elevazione</b>	32 m. s.l.m.

Tabella 1: Dati geografici di progetto

### 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:

<b>Subject:</b>	Progetto Agrivoltaico "TAVERNOLA" -Potenza in Immissione 55 MW con accumulo da 10 MW	<b>Project Code:</b>	IT0PW004.071024
<b>Document Title</b>	Relazione calcoli preliminari strutture	<b>Date:</b>	JUNE 2022
<b>Client:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.	<b>Page:</b>	4

<b>Progetto:</b>	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 FOGGIA E MANFREDONIA (FG), DENOMINATO "TAVERNOLA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 49,66 MWP, POTENZA A.C. 45 MW, ACCUMULO PARI A 10 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 55 MW				
<b>Oggetto:</b>	RELAZIONE CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE				
<b>Committente:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.				
<b>Data:</b>	06/2022	<b>Revisione:</b>	1.0		<b>Cod. doc.:</b>

Fogli e particelle catastali interessate dal progetto		
<b>Area impianto</b>		
<b>COMUNE</b>	<b>FOGLIO DI MAPPA</b>	<b>PARTICELLE</b>
Foggia (FG)	106	42-43-152-154-157
Foggia (FG)	107	3-4-13-20-21
Manfredonia (FG)	99	6-7-58-72
<b>Area Sistema di Accumulo (SdA)</b>		
<b>COMUNE</b>	<b>FOGLIO DI MAPPA</b>	<b>PARTICELLE</b>
Manfredonia (FG)	129	486
<b>Collegamento in MT al Sistema di Accumulo (interrato)</b>		
<b>COMUNE</b>	<b>FOGLIO DI MAPPA</b>	<b>PARTICELLE</b>
Foggia (FG)	107	4-20-21-SP76
Foggia (FG)	108	SP76-SP73
Foggia (FG)	109	SP73
<b>COMUNE</b>	<b>FOGLIO DI MAPPA</b>	<b>PARTICELLE</b>
Manfredonia (FG)	99	SP73
Manfredonia (FG)	96	SP73
Manfredonia (FG)	96	S76
Manfredonia (FG)	95	SP76
Manfredonia (FG)	101	SP76-SP70-113
Manfredonia (FG)	129	485
<b>Collegamento in AT alla Stazione Elettrica (interrato)</b>		
<b>COMUNE</b>	<b>FOGLIO DI MAPPA</b>	<b>PARTICELLE</b>
Manfredonia (FG)	129	485
Manfredonia (FG)	101	113-SP70
Manfredonia (FG)	128	SP70-52-97-139-79

Tabella 2: Dati catastali di progetto

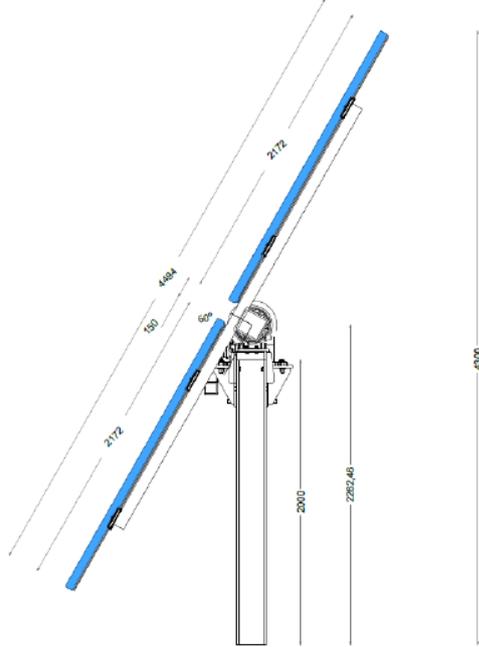
<b>Subject:</b>	Progetto Agrivoltaico "TAVERNOLA" -Potenza in Immissione 55 MW con accumulo da 10 MW	<b>Project Code:</b>	IT0PW004.071024
<b>Document Title</b>	Relazione calcoli preliminari strutture	<b>Date:</b>	JUNE 2022
<b>Client:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.	<b>Page:</b>	5

<b>Progetto:</b>	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 FOGGIA E MANFREDONIA (FG), DENOMINATO "TAVERNOLA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 49,66 MWP, POTENZA A.C. 45 MW, ACCUMULO PARI A 10 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 55 MW			
<b>Oggetto:</b>	RELAZIONE CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE			
<b>Committente:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.			
<b>Data:</b>	06/2022	<b>Revisione:</b>	1.0	<b>Cod. doc.:</b> IT0PW004.PD.01.REL.VIA2_2.RCPS

### 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

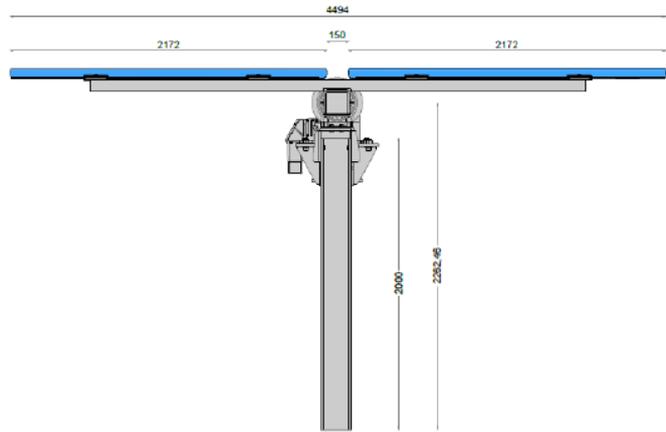


Figura 2: Schema della struttura - sezione

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

<b>Subject:</b>	Progetto Agrivoltaico "TAVERNOLA" -Potenza in Immissione 55 MW con accumulo da 10 MW	<b>Project Code:</b>	IT0PW004.071024
<b>Document Title</b>	Relazione calcoli preliminari strutture	<b>Date:</b>	JUNE 2022
<b>Client:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.	<b>Page:</b>	6

<b>Progetto:</b>	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 FOGGIA E MANFREDONIA (FG), DENOMINATO "TAVERNOLA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 49,66 MWP, POTENZA A.C. 45 MW, ACCUMULO PARI A 10 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 55 MW				
<b>Oggetto:</b>	RELAZIONE CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE				
<b>Committente:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.				
<b>Data:</b>	06/2022	<b>Revisione:</b>	1.0		<b>Cod. doc.:</b>

#### 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.

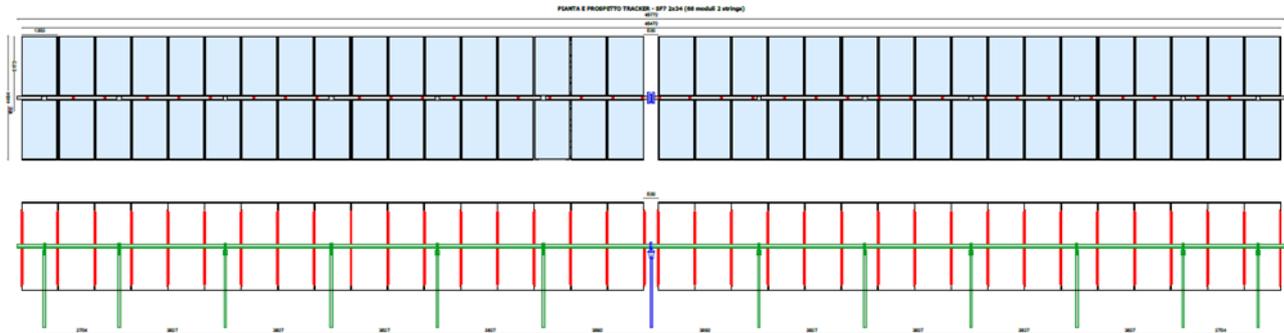


Figura 3: Schema della struttura - viste

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.

<b>Subject:</b>	Progetto Agrivoltaico "TAVERNOLA" -Potenza in Immissione 55 MW con accumulo da 10 MW	<b>Project Code:</b>	IT0PW004.071024
<b>Document Title</b>	Relazione calcoli preliminari strutture	<b>Date:</b>	JUNE 2022
<b>Client:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.	<b>Page:</b>	7

<b>Progetto:</b>	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 FOGGIA E MANFREDONIA (FG), DENOMINATO "TAVERNOLA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 49,66 MWP, POTENZA A.C. 45 MW, ACCUMULO PARI A 10 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 55 MW				
<b>Oggetto:</b>	RELAZIONE CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE				
<b>Committente:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.				
<b>Data:</b>	06/2022	<b>Revisione:</b>	1.0		<b>Cod. doc.:</b>

## 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:

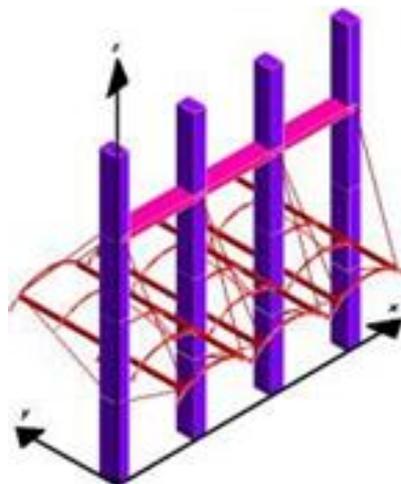


Figura 4: Esempio di modello realizzato con CDSWIN 2018

### 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

<b>Subject:</b>	Progetto Agrivoltaico "TAVERNOLA" -Potenza in Immissione 55 MW con accumulo da 10 MW	<b>Project Code:</b>	IT0PW004.071024
<b>Document Title</b>	Relazione calcoli preliminari strutture	<b>Date:</b>	JUNE 2022
<b>Client:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.	<b>Page:</b>	8

<b>Progetto:</b>	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 FOGGIA E MANFREDONIA (FG), DENOMINATO "TAVERNOLA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 49,66 MWP, POTENZA A.C. 45 MW, ACCUMULO PARI A 10 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 55 MW				
<b>Oggetto:</b>	RELAZIONE CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE				
<b>Committente:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.				
<b>Data:</b>	06/2022	<b>Revisione:</b>	1.0		<b>Cod. doc.:</b>

Si adottano le seguenti unità di misura:

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

#### 4) CONVENZIONI SUI SEGNI

I carichi agenti sono:

- a. Carichi e momenti distribuiti lungo gli assi coordinati;
- b. 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.

<b>Subject:</b>	Progetto Agrivoltaico "TAVERNOLA" -Potenza in Immissione 55 MW con accumulo da 10 MW	<b>Project Code:</b>	IT0PW004.071024
<b>Document Title</b>	Relazione calcoli preliminari strutture	<b>Date:</b>	JUNE 2022
<b>Client:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.	<b>Page:</b>	9

<b>Progetto:</b>	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 FOGGIA E MANFREDONIA (FG), DENOMINATO "TAVERNOLA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 49,66 MWP, POTENZA A.C. 45 MW, ACCUMULO PARI A 10 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 55 MW				
<b>Oggetto:</b>	RELAZIONE CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE				
<b>Committente:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.				
<b>Data:</b>	06/2022	<b>Revisione:</b>	1.0		<b>Cod. doc.:</b>

## 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 <sup>2</sup> (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/m<sup>2</sup>

### 6.3 carichi accidentali

#### 6.3.1 Azioni sismiche

Per la definizione del sisma si fa riferimento al paragrafo 3.2 Azione sismica del DM 17/01/2018 ed 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 "paragrafo 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 <15° secondo la classificazione riportata dalla "Tabella 3.2.IV – Categorie topografiche" al "paragrafo 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** (paragrafo 3.2.3.2.1 Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali):

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

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

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

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

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

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

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

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

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

<b>Subject:</b>	Progetto Agrivoltaico "TAVERNOLA" -Potenza in Immissione 55 MW con accumulo da 10 MW	<b>Project Code:</b>	IT0PW004.071024
<b>Document Title</b>	Relazione calcoli preliminari strutture	<b>Date:</b>	JUNE 2022
<b>Client:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.	<b>Page:</b>	10

<b>Progetto:</b>	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 FOGGIA E MANFREDONIA (FG), DENOMINATO "TAVERNOLA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 49,66 MWP, POTENZA A.C. 45 MW, ACCUMULO PARI A 10 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 55 MW				
<b>Oggetto:</b>	RELAZIONE CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE				
<b>Committente:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.				
<b>Data:</b>	06/2022	<b>Revisione:</b>	1.0		<b>Cod. doc.:</b>

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 paragrafo **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 paragrafo **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 paragrafo 2.4 "Vita nominale, classi d'uso e periodo di riferimento" si determinano:

- Vita nominale

In seguito alla tabella 2.4.I "Valori minimi della Vita nominale di progetto per i diversi tipi di costruzioni" riportata di seguito:

**Tab. 2.4.I – Valori minimi della Vita nominale  $V_N$  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

si assume una vita nominale maggiore di 50 anni.

- Classi d'uso

In accordo al **paragrafo 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:

**Tab. 2.4.II – Valori del coefficiente d'uso  $C_U$**

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

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:

- **ag** accelerazione orizzontale massima al sito;
- **F0** 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.

<b>Subject:</b>	Progetto Agrivoltaico "TAVERNOLA" -Potenza in Immissione 55 MW con accumulo da 10 MW	<b>Project Code:</b>	IT0PW004.071024
<b>Document Title</b>	Relazione calcoli preliminari strutture	<b>Date:</b>	JUNE 2022
<b>Client:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.	<b>Page:</b>	11

<b>Progetto:</b>	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 FOGGIA E MANFREDONIA (FG), DENOMINATO "TAVERNOLA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 49,66 MWP, POTENZA A.C. 45 MW, ACCUMULO PARI A 10 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 55 MW				
<b>Oggetto:</b>	RELAZIONE CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE				
<b>Committente:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.				
<b>Data:</b>	06/2022	<b>Revisione:</b>	1.0		<b>Cod. doc.:</b>

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

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:

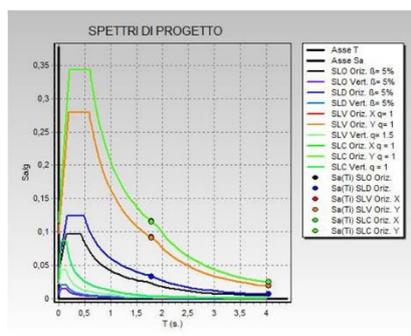
- o Latitudine: **41.401843°N**
- o Longitudine: **15.423528°E**

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 **paragrafo 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 TR espressi in funzione di VR della Circolare Ministero delle infrastrutture e dei trasporti 21 gennaio 2019, n. 7.

Tabella C.3.2.I.- Valori di  $T_R$  espressi in funzione di  $V_R$

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	$T_R = 19,50 \cdot V_R \leq 2475 \text{ anni} (\dot{)}$

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



## 6.4 carico neve

Zona Neve = II

Periodo di ritorno,  $T_r = 50$  anni

Ctr = 1 per  $T_r = 50$  anni

Ce (coeff. di esposizione al vento) = 1,00

Valore caratteristico del carico al suolo =  $q_{sk} C_e C_{tr} = 142 \text{ daN/mq}$

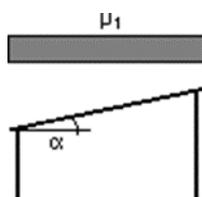
Copertura ad una falda:

Angolo di inclinazione della falda  $\alpha = 0,0^\circ$

- Copertura piana  $W = 10,0 \text{ m}$ ,  $L = 50,0 \text{ m} \Rightarrow L_c = 18,0$ ,  $C_{ef} = 1.000$

$\mu_1 = 0,80 \Rightarrow Q_1 = 113 \text{ daN/mq}$

Schema di carico:



<b>Subject:</b>	Progetto Agrivoltaico "TAVERNOLA" -Potenza in Immissione 55 MW con accumulo da 10 MW	<b>Project Code:</b>	IT0PW004.071024
<b>Document Title</b>	Relazione calcoli preliminari strutture	<b>Date:</b>	JUNE 2022
<b>Client:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.	<b>Page:</b>	12

<b>Progetto:</b>	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 FOGGIA E MANFREDONIA (FG), DENOMINATO "TAVERNOLA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 49,66 MWP, POTENZA A.C. 45 MW, ACCUMULO PARI A 10 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 55 MW				
<b>Oggetto:</b>	RELAZIONE CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE				
<b>Committente:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.				
<b>Data:</b>	06/2022	<b>Revisione:</b>	1.0		<b>Cod. doc.:</b>

## 6.5 azione del vento

L'azione del vento è definita secondo quanto definito nella normativa DM 17/01/2018 al paragrafo "3.3 AZIONE DEL VENTO"

Secondo quanto definito nella **tabella 3.3.1 Valori dei parametri**  $v_{b,0}$ ,  $\alpha_0$ ,  $k_a$  l'opera in oggetto ricade nella Zona 3 Puglia con altitudine massima pari a 500 metri. Considerando un'altezza di circa 65 metri s.l.m per il calcolo del vento si utilizza la seguente formula:

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

$$\text{dove } v_{b,0} = 27 \text{ m/sec}, \alpha_0 = 500 \text{ m ed } k_a = 0,02 \text{ 1/sec}$$

Per cui si ottiene che per  $\alpha_s < \alpha_0$  :

$$v_b = 27 \text{ m/s}$$

riferita ad un periodo di ritorno di 50 anni.

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:

$$T_R = 35 \text{ anni}$$

Secondo quanto prescritto al **paragrafo C3.3.2 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  $\alpha_R$  è un coefficiente fornito dalla figura sottostante e dall'espressione

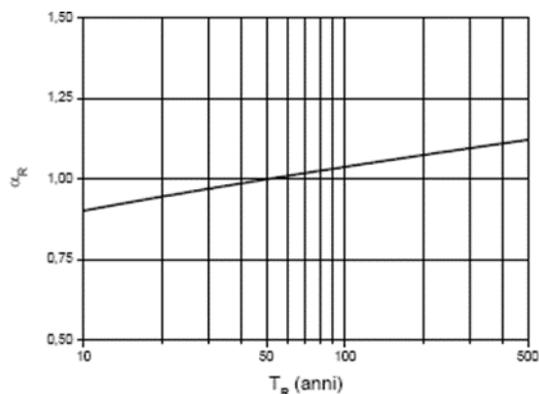


Figura C3.3.1 – Valori del coefficiente  $\alpha_R$  in funzione del periodo di ritorno  $T_R$

$$\alpha_R = 0,75 \sqrt{1 - 0,2 * \ln \left[ -\ln \left( 1 - \frac{1}{T_R} \right) \right]}$$

Essendo il periodo di ritorno pari a 35 anni,  $\alpha_R = 0.98$  ed il valore della velocità di riferimento del vento risulta pari a 26,46 m/sec.

L'azione del vento viene espressa in termini di pressione esercitata sulle pareti investite in direzione ortogonali alla direzione del vento; si determina dalla formula esplicitata al **paragrafo 3.3.4 Pressione del vento del DM 17/01/2018**, secondo la formula:

$$p = q_b * c_b * c_p * c_d$$

<b>Subject:</b>	Progetto Agrivoltaico "TAVERNOLA" -Potenza in Immissione 55 MW con accumulo da 10 MW	<b>Project Code:</b>	ITOPW004.071024
<b>Document Title</b>	Relazione calcoli preliminari strutture	<b>Date:</b>	JUNE 2022
<b>Client:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.	<b>Page:</b>	13

<b>Progetto:</b>	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 FOGGIA E MANFREDONIA (FG), DENOMINATO "TAVERNOLA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 49,66 MWP, POTENZA A.C. 45 MW, ACCUMULO PARI A 10 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 55 MW				
<b>Oggetto:</b>	RELAZIONE CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE				
<b>Committente:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.				
<b>Data:</b>	06/2022	<b>Revisione:</b>	1.0		<b>Cod. doc.:</b>

dove:

$q_b$  è la pressione cinetica di riferimento

$C_b$  è il coefficiente di esposizione

$C_p$  è il coefficiente di forma, 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

La pressione cinetica di riferimento  $q_b$  è determinata al **paragrafo 3.3.6 Pressione cinetica di riferimento del DM 17/01/2018**, secondo la formula:

$$q_b = \frac{1}{2} * \rho * v_b^2$$

dove la densità dell'aria  $\rho = 1.25 \text{ Kg/m}^3$ .

Si ottiene quindi

$$q_b = 437.6 \frac{N}{m^2}$$

Si definisce il coefficiente di esposizione delle velocità in accordo alle prescrizioni del **paragrafo 3.3.7 Coefficiente di esposizione del DM 17/01/2018** è pari a:

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

Dove

- Considerando l'altezza della costruzione sul suolo di circa 1,5 metri
- Considerando una classe di rugosità del terreno di tipo D secondo la "tabella 3.3.III – Classi di rugosità del terreno" del DM 17/01/2018,

Tab. 3.3.III - Classi di rugosità del terreno

Classe di rugosità del terreno	Descrizione
A	Aree urbane in cui almeno il 15% della superficie sia coperto da edifici la cui altezza media superi i 15 m
B	Aree urbane (non di classe A), suburbane, industriali e boschive
C	Aree con ostacoli diffusi (alberi, case, muri, recinzioni,....); aree con rugosità non riconducibile alle classi A, B, D
D	a) Mare e relativa fascia costiera (entro 2 km dalla costa); b) Lago (con larghezza massima pari ad almeno 1 km) e relativa fascia costiera (entro 1 km dalla costa) c) Aree prive di ostacoli o con al più rari ostacoli isolati (aperta campagna, aeroporti, aree agricole, pascoli, zone paludose o sabbiose, superfici innevate o ghiacciate, ...)

L'assegnazione della classe di rugosità non dipende dalla conformazione orografica e topografica del terreno. Si può assumere che il sito appartenga alla Classe A o B, purché la costruzione si trovi nell'area relativa per non meno di 1 km e comunque per non meno di 20 volte l'altezza della costruzione, per tutti i settori di provenienza del vento ampi almeno 30°. Si deve assumere che il sito appartenga alla Classe D, qualora la costruzione sorga nelle aree indicate con le lettere a) o b), oppure entro un raggio di 1 km da essa vi sia un settore ampio 30°, dove il 90% del terreno sia del tipo indicato con la lettera c). Laddove sussistano dubbi sulla scelta della classe di rugosità, si deve assegnare la classe più sfavorevole (l'azione del vento è in genere minima in Classe A e massima in Classe D).

Si definisce la categoria di esposizione II del sito, definita dalla **Figura 3.3.3. Definizione delle categorie di esposizione del DM 17/01/2018**

<b>Subject:</b>	Progetto Agrivoltaico "TAVERNOLA" -Potenza in Immissione 55 MW con accumulo da 10 MW	<b>Project Code:</b>	IT0PW004.071024
<b>Document Title</b>	Relazione calcoli preliminari strutture	<b>Date:</b>	JUNE 2022
<b>Client:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.	<b>Page:</b>	14

<b>Progetto:</b>	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 FOGGIA E MANFREDONIA (FG), DENOMINATO "TAVERNOLA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 49,66 MWP, POTENZA A.C. 45 MW, ACCUMULO PARI A 10 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 55 MW				
<b>Oggetto:</b>	RELAZIONE CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE				
<b>Committente:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.				
<b>Data:</b>	06/2022	<b>Revisione:</b>	1.0		<b>Cod. doc.:</b>

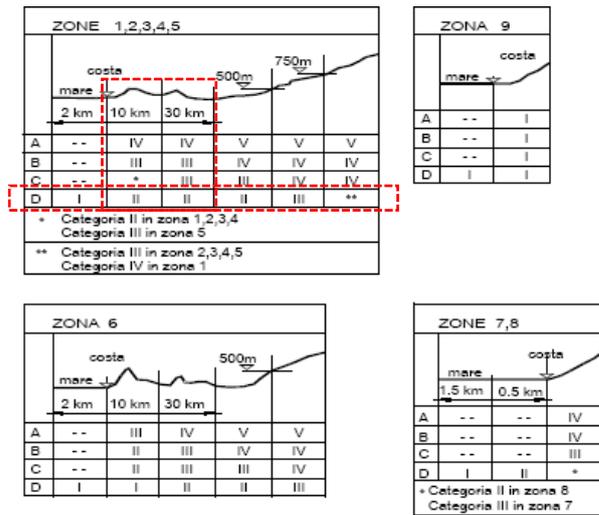


Figura 3.3.2 - Definizione delle categorie di esposizione

In virtù della "tabella 3.3.II – Parametri per la definizione del coefficiente di esposizione",

Tabella 3.3.II – Parametri per la definizione del coefficiente di esposizione

Categoria di esposizione del sito	$k_r$	$z_0$ [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

si determinano:

- $k_r = 0.19$
- $z_0 = 0.05$  m
- $z_{min} = 4$  m
- $c_t = 1$

Il coefficiente di esposizione è dato dalle seguenti relazioni, funzione della quota (z) considerata:

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

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

Con:

z quota verticale,  $0 \leq z \leq 65$ ;

$ct(z)$ ,  $ct(zmin)$  coefficiente di topografia, posto pari a 1 per zone pianeggianti.

Calcolo della pressione cinetica di picco (qp): A partire dalla pressione cinetica di riferimento di progetto (qr) e dal coefficiente di esposizione (ce), si determina la pressione cinetica di picco (qp) dalla relazione:

<b>Progetto:</b>	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 FOGGIA E MANFREDONIA (FG), DENOMINATO "TAVERNOLA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 49,66 MWP, POTENZA A.C. 45 MW, ACCUMULO PARI A 10 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 55 MW				
<b>Oggetto:</b>	RELAZIONE CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE				
<b>Committente:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.				
<b>Data:</b>	06/2022	<b>Revisione:</b>	1.0		<b>Cod. doc.:</b>

$$q_p(z) = q_r * c_e(z)$$

$$q(z = 11.0m) = q_r * c_e * c_d = 0.456 * 2.413 * 1 = 1.100 \frac{kN}{m^2}$$

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

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", ai paragrafi rif. C3.3.8.2.1 e C3.3.8.1.2, 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

**Tabella C3.3.III - Edifici rettangolari:  $c_{pe}$  per coperture piane.**

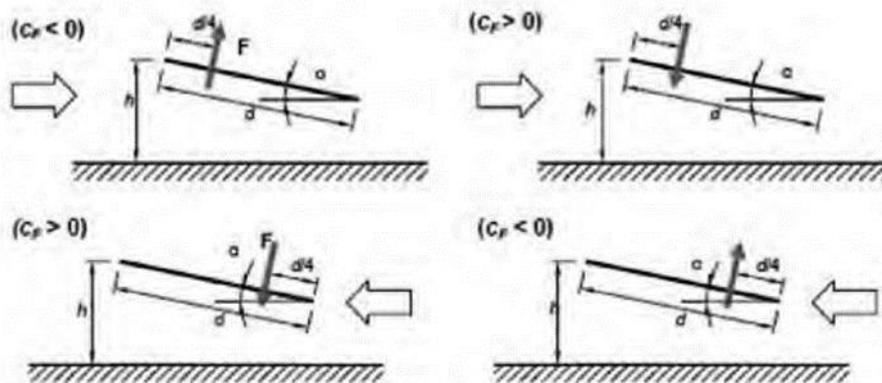
Fascia sopravento di profondità pari al minimo tra $b/2$ e $h$ :	$c_{pe,A} = -0,80$
Restanti zone	$c_{pe,B} = \pm 0,20$

$c_{pe,A} = -0.80$ , e pertanto una pressione normale alla copertura diretta verso l'alto di intensità  $0.95 \text{ kN/m}$ . Le relative azioni sono state applicate agli elementi shell in copertura. Lo stesso carico è stato utilizzato anche per la direzione del vento  $-Y$ .

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+\_cf-
- V.Glob.X+\_cf+
- V.Glob.X-\_cf-
- V.Glob.X-\_cf+

Relative alle combinazioni normative riportate all'immagine che segue



Di seguito il calcolo dei coefficienti:

**Cf pos 0,37**

**Cf neg -1,4      f = 1**

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

**Azione tangente del vento (come D.M. 14.01.2008)**

L'azione tangente per unità di superficie parallela alla direzione del vento è data dall'espressione:

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

Dove:

<b>Subject:</b>	Progetto Agrivoltaico "TAVERNOLA" -Potenza in Immissione 55 MW con accumulo da 10 MW	<b>Project Code:</b>	IT0PW004.071024
<b>Document Title</b>	Relazione calcoli preliminari strutture	<b>Date:</b>	JUNE 2022
<b>Client:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.	<b>Page:</b>	16

<b>Progetto:</b>	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 FOGGIA E MANFREDONIA (FG), DENOMINATO "TAVERNOLA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 49,66 MWP, POTENZA A.C. 45 MW, ACCUMULO PARI A 10 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 55 MW				
<b>Oggetto:</b>	RELAZIONE CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE				
<b>Committente:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.				
<b>Data:</b>	06/2022	<b>Revisione:</b>	1.0		<b>Cod. doc.:</b>

$q_b$  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.

Tale valore di  $C_f$  è definito dalla **Tabella C3.3. I Valori del coefficiente d'attrito della Circolare Ministeriale n°617 del 02/02/2009 – Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove Norme tecniche per le costruzioni" di cui al DM 14 gennaio 2008**

Nel nostro caso si assumerà  $C_f$  pari a 0.01

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

$$p_f = 7.88 \frac{N}{m^2}$$

## 6.6 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. In relazione al punto 3.5.2. e 3.5.3 si considera:

- per la temperatura dell'area esterna, in mancanza di dati specifici relativi al sito in esame, possono assumersi i valori:

$$T_{max} = 45 \text{ }^\circ\text{C}; T_{min} = -15 \text{ }^\circ\text{C}$$

- e per la temperatura dell'area interna, in mancanza di più precise valutazioni, legate alla tipologia della costruzione ed alla sua destinazione d'uso, la temperatura dell'aria interna, "Tint", può essere assunta pari a 20 °C.

Per la valutazione degli effetti delle azioni termiche, si può fare riferimento ai coefficienti di dilatazione termica a temperatura ambiente a T riportati in Tab. 3.5.III.:

**Tabella 3.5.III – Coefficienti di dilatazione termica a temperatura ambiente**

Materiale	$\alpha_T$ [ $10^{-6}/^\circ\text{C}$ ]
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

## 6.7 riassunto finale dei carichi accidentali

Neve: carico $q_1$	0.48	KN/m <sup>2</sup>
Vento: in pressione	1.24	KN/m <sup>2</sup>
tangenziale	0.008	KN/m <sup>2</sup>

<b>Subject:</b>	Progetto Agrivoltaico "TAVERNOLA" -Potenza in Immissione 55 MW con accumulo da 10 MW	<b>Project Code:</b>	IT0PW004.071024
<b>Document Title</b>	Relazione calcoli preliminari strutture	<b>Date:</b>	JUNE 2022
<b>Client:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.	<b>Page:</b>	17

<b>Progetto:</b>	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 FOGGIA E MANFREDONIA (FG), DENOMINATO "TAVERNOLA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 49,66 MWP, POTENZA A.C. 45 MW, ACCUMULO PARI A 10 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 55 MW				
<b>Oggetto:</b>	RELAZIONE CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE				
<b>Committente:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.				
<b>Data:</b>	06/2022	<b>Revisione:</b>	1.0		<b>Cod. doc.:</b>

## 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:

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

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

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

- $G_1$  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  $Q_i$
- $Q_{k,j}$  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 "paragrafo 2.5.3. Combinazioni delle azioni" del DM 17/01/2018, si ha:

- Combinazione fondamentale, generalmente impiegata per gli stati limite ultimi

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

- Combinazione frequente (SLE), generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio 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 per la determinazione delle combinazioni sono riportati nella tabella 2.5.I – Valori dei coefficienti di combinazione del DM 17/01/2018

<b>Subject:</b>	Progetto Agrivoltaico "TAVERNOLA" -Potenza in Immissione 55 MW con accumulo da 10 MW	<b>Project Code:</b>	IT0PW004.071024
<b>Document Title</b>	Relazione calcoli preliminari strutture	<b>Date:</b>	JUNE 2022
<b>Client:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.	<b>Page:</b>	18

<b>Progetto:</b>	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 FOGGIA E MANFREDONIA (FG), DENOMINATO "TAVERNOLA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 49,66 MWP, POTENZA A.C. 45 MW, ACCUMULO PARI A 10 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 55 MW				
<b>Oggetto:</b>	RELAZIONE CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE				
<b>Committente:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.				
<b>Data:</b>	06/2022	<b>Revisione:</b>	1.0		<b>Cod. doc.:</b>

**Tabella 2.5.I – Valori dei coefficienti di combinazione**

Categoria/Azione variabile	$\Psi_{0j}$	$\Psi_{1j}$	$\Psi_{2j}$
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 $\leq 30$ 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 $\leq 1000$ 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

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

Al paragrafo 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
		$\gamma_f$			
Carichi permanenti $G_1$	Favorevoli	$\gamma_{G1}$	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevoli		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti non strutturali $G_2^{(1)}$	Favorevoli	$\gamma_{G2}$	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3
Azioni variabili Q	Favorevoli	$\gamma_Q$	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3

<sup>(1)</sup> 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.

si sono determinati i coefficienti parziali  $\gamma_{G1}$ ,  $\gamma_{G2}$ ,  $\gamma_{Q1}$  per le varie combinazioni agli SLU.

<b>Subject:</b>	Progetto Agrivoltaico "TAVERNOLA" -Potenza in Immissione 55 MW con accumulo da 10 MW	<b>Project Code:</b>	IT0PW004.071024
<b>Document Title</b>	Relazione calcoli preliminari strutture	<b>Date:</b>	JUNE 2022
<b>Client:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.	<b>Page:</b>	19

<b>Progetto:</b>	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 FOGGIA E MANFREDONIA (FG), DENOMINATO "TAVERNOLA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 49,66 MWP, POTENZA A.C. 45 MW, ACCUMULO PARI A 10 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 55 MW				
<b>Oggetto:</b>	RELAZIONE CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE				
<b>Committente:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.				
<b>Data:</b>	06/2022	<b>Revisione:</b>	1.0		<b>Cod. doc.:</b>

## 8. MODELLAZIONE STRUTTURALE

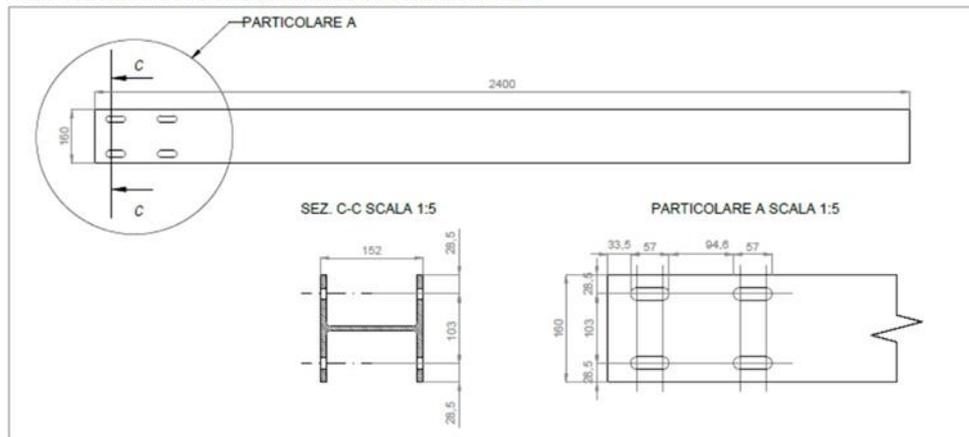
Si è implementato il modello strutturale con il programma di calcolo CDS2019. Gli elementi strutturali, quali arcarecci, puntone, pilastri, montanti e controventi si sono modellati tramite elementi "frame".

### 8.1 geometria portale tipo

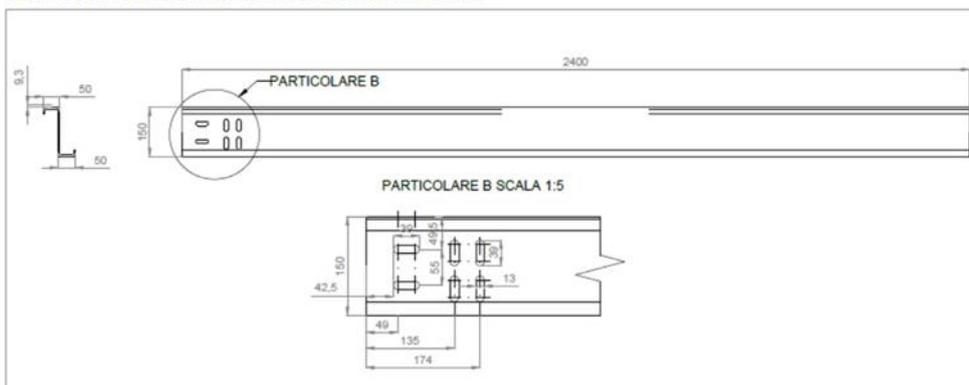
Pendenza della copertura	TILT VAR
Passo portali	6.40 – 6.75 m
Schema statico:	Portali in acciaio incastrati alla base
Acciaio utilizzato:	<b>S275JR <math>f_d=275</math> N/mm<sup>2</sup> e S235JR <math>f_d=235</math> N/mm<sup>2</sup></b>

I profili utilizzati come in figura

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



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



<b>Subject:</b>	Progetto Agrivoltaico "TAVERNOLA" -Potenza in Immissione 55 MW con accumulo da 10 MW	<b>Project Code:</b>	ITOPW004.071024
<b>Document Title</b>	Relazione calcoli preliminari strutture	<b>Date:</b>	JUNE 2022
<b>Client:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.	<b>Page:</b>	20

<b>Progetto:</b>	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 FOGGIA E MANFREDONIA (FG), DENOMINATO "TAVERNOLA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 49,66 MWP, POTENZA A.C. 45 MW, ACCUMULO PARI A 10 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 55 MW				
<b>Oggetto:</b>	RELAZIONE CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE				
<b>Committente:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.				
<b>Data:</b>	06/2022	<b>Revisione:</b>	1.0		<b>Cod. doc.:</b>

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

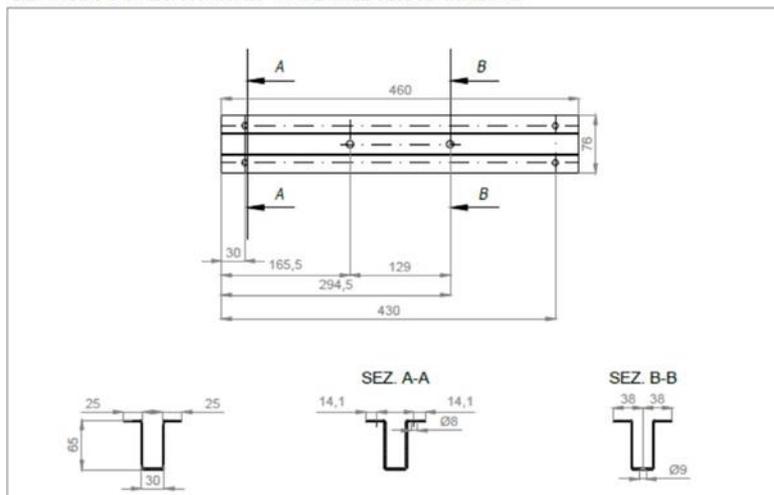


Figura 6: Dettaglio profili strutture

<b>Subject:</b>	Progetto Agrivoltaico "TAVERNOLA" -Potenza in Immissione 55 MW con accumulo da 10 MW	<b>Project Code:</b>	IT0PW004.071024
<b>Document Title</b>	Relazione calcoli preliminari strutture	<b>Date:</b>	JUNE 2022
<b>Client:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.	<b>Page:</b>	21

<b>Progetto:</b>	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 FOGGIA E MANFREDONIA (FG), DENOMINATO "TAVERNOLA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 49,66 MWP, POTENZA A.C. 45 MW, ACCUMULO PARI A 10 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 55 MW				
<b>Oggetto:</b>	RELAZIONE CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE				
<b>Committente:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.				
<b>Data:</b>	06/2022	<b>Revisione:</b>	1.0	<b>Cod. doc.:</b>	

## 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

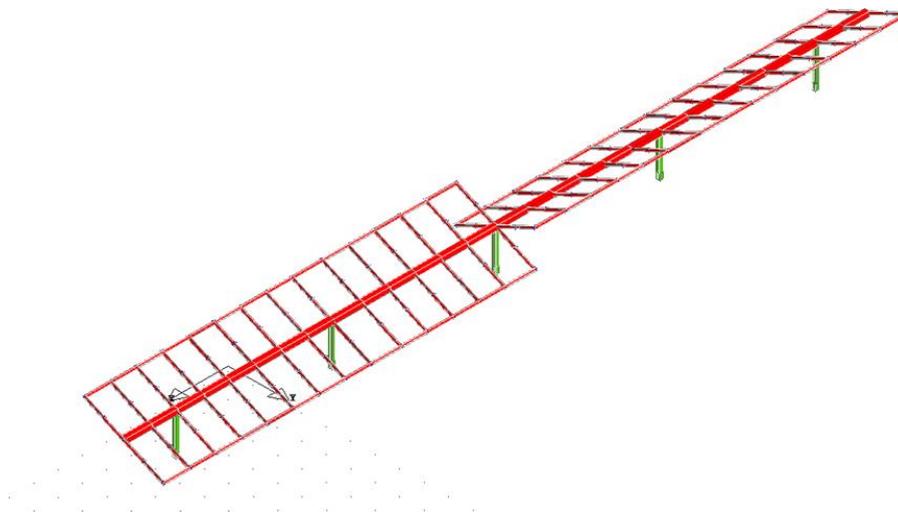


Figura 7: Modello tridimensionale

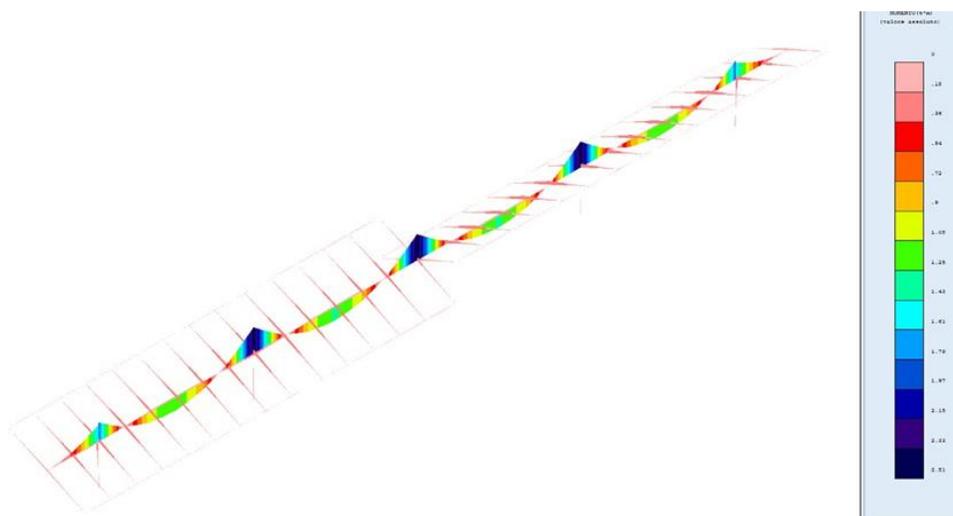


Figura 8: Diagramma sollecitazioni Mx My Comb1

<b>Subject:</b>	Progetto Agrivoltaico "TAVERNOLA" -Potenza in Immissione 55 MW con accumulo da 10 MW	<b>Project Code:</b>	IT0PW004.071024
<b>Document Title</b>	Relazione calcoli preliminari strutture	<b>Date:</b>	JUNE 2022
<b>Client:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.	<b>Page:</b>	22

<b>Progetto:</b>	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 FOGGIA E MANFREDONIA (FG), DENOMINATO "TAVERNOLA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 49,66 MWP, POTENZA A.C. 45 MW, ACCUMULO PARI A 10 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 55 MW				
<b>Oggetto:</b>	RELAZIONE CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE				
<b>Committente:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.				
<b>Data:</b>	06/2022	<b>Revisione:</b>	1.0		<b>Cod. doc.:</b>

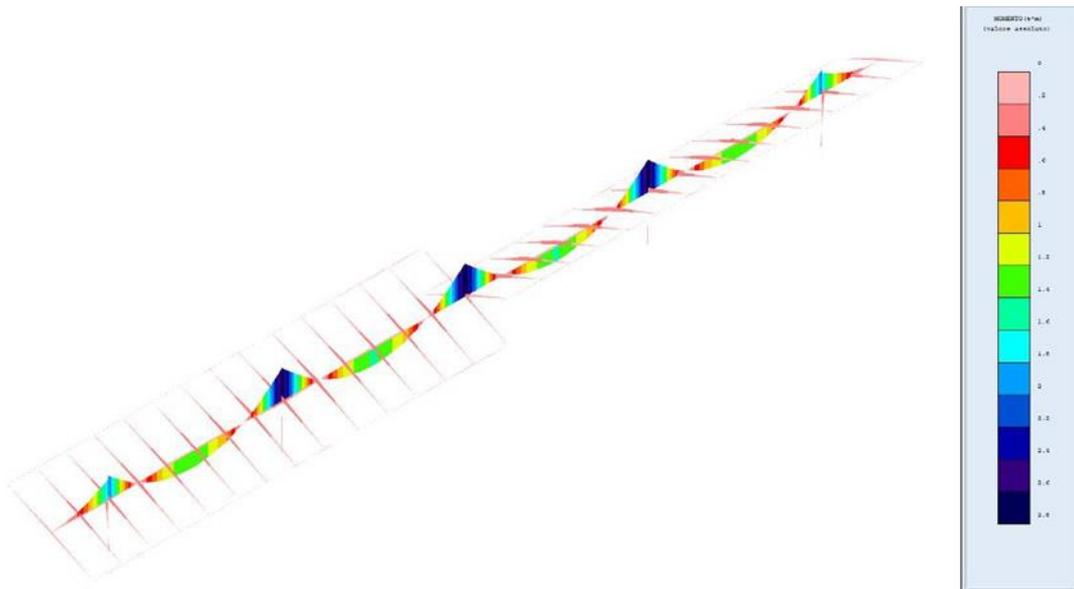


Figura 9: Diagramma sollecitazioni Mx My Comb2 (vento)

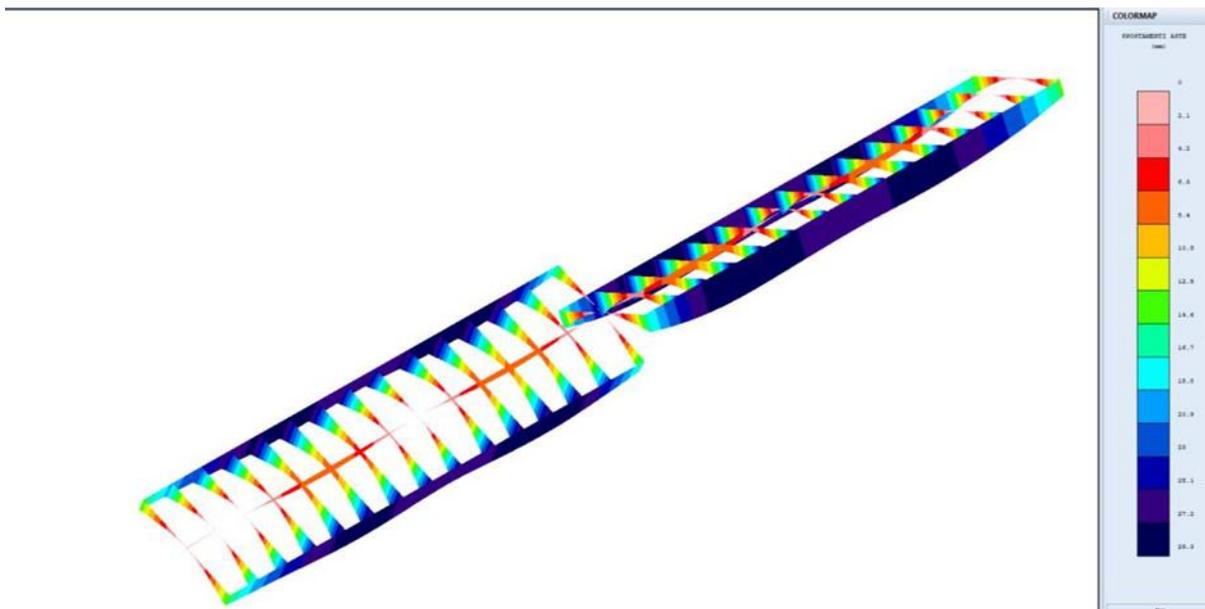


Figura 10: Diagramma spostamenti Comb2 (vento)

<b>Subject:</b>	Progetto Agrivoltaico "TAVERNOLA" -Potenza in Immissione 55 MW con accumulo da 10 MW	<b>Project Code:</b>	ITOPW004.071024
<b>Document Title</b>	Relazione calcoli preliminari strutture	<b>Date:</b>	JUNE 2022
<b>Client:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.	<b>Page:</b>	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 FOGGIA E MANFREDONIA (FG), DENOMINATO "TAVERNOLA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 49,66 MWP, POTENZA A.C. 45 MW, ACCUMULO PARI A 10 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 55 MW				
Oggetto:	RELAZIONE CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE				
Committente:	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.				
Data:	06/2022	Revisione:	1.0		Cod. doc.:

## 10. CLASSIFICAZIONE SEZIONI

Tali profili vengono classificati in accordo con le prescrizioni del **paragrafo 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 **paragrafo 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.

Tab. 4.2.III - Massimi rapporti larghezza spessore per parti compresse

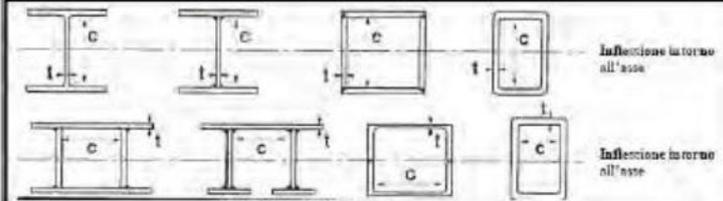
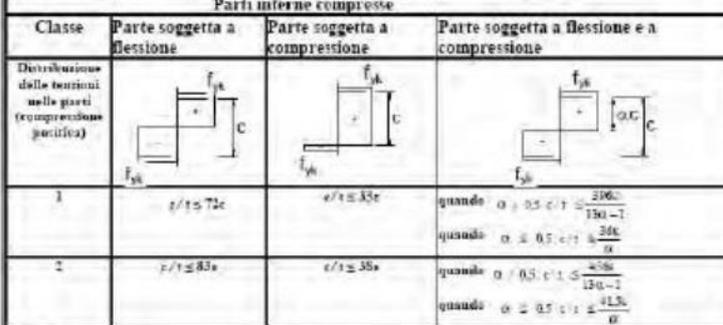
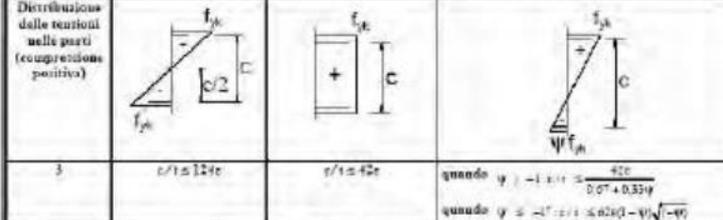
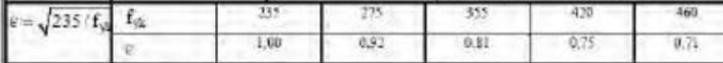
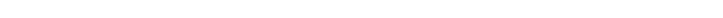
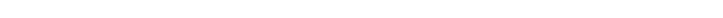
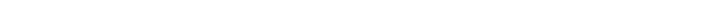
Parti interne compresse			
Classe	Parte soggetta a flessione	Parte soggetta a compressione	Parte soggetta a flessione e a compressione
			
			
			
			
			
			
			
			
			
			
			
			
			
			
			
			
			
			
			
			
			
			
			
			
			
			
			
			
			
			
			
			
			
			
			
			
			
			
			
			
			
			
			
			

Figura 11: 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 "TAVERNOLA" -Potenza in Immissione 55 MW con accumulo da 10 MW	Project Code:	ITOPW004.071024
Document Title	Relazione calcoli preliminari strutture	Date:	JUNE 2022
Client:	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.	Page:	24

<b>Progetto:</b>	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 FOGGIA E MANFREDONIA (FG), DENOMINATO "TAVERNOLA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 49,66 MWP, POTENZA A.C. 45 MW, ACCUMULO PARI A 10 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 55 MW				
<b>Oggetto:</b>	RELAZIONE CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE				
<b>Committente:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.				
<b>Data:</b>	06/2022	<b>Revisione:</b>	1.0	<b>Cod. doc.:</b>	

## 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. XIIb del paragrafo 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 <sup>2</sup> )	240	320	300	400	480	640	900
$f_{tb}$ (N/mm <sup>2</sup> )	400	400	500	500	600	800	1000

La resistenza di calcolo a taglio dei bulloni viene definita in accordo con le prescrizioni del **paragrafo**

**4.2.8.1.1 Unioni con bulloni e chiodi del DM 17/01/2018 con la formulazione:**

$$F_{v,Rd} = 0.6 \frac{f_{tb} \cdot A_{res}}{\gamma_{m2}}$$

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

$\gamma_{m2}$  è un coefficiente di sicurezza definito dalla **Tabella 4.2.XII del paragrafo 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 **paragrafo 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)"**

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

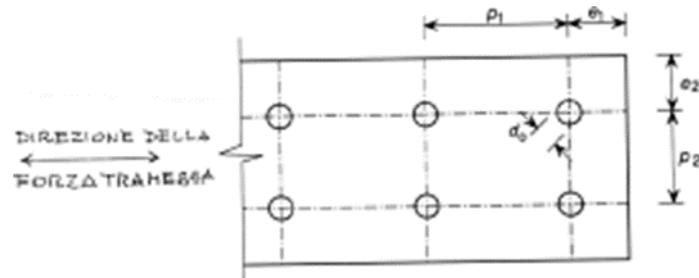
dove

$f_{tk}$  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 paragrafo C4.12.2.6 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"»

<b>Subject:</b>	Progetto Agrivoltaico "TAVERNOLA" -Potenza in Immissione 55 MW con accumulo da 10 MW	<b>Project Code:</b>	IT0PW004.071024
<b>Document Title</b>	Relazione calcoli preliminari strutture	<b>Date:</b>	JUNE 2022
<b>Client:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.	<b>Page:</b>	25

<b>Progetto:</b>	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 FOGGIA E MANFREDONIA (FG), DENOMINATO "TAVERNOLA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 49,66 MWP, POTENZA A.C. 45 MW, ACCUMULO PARI A 10 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 55 MW				
<b>Oggetto:</b>	RELAZIONE CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE				
<b>Committente:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.				
<b>Data:</b>	06/2022	<b>Revisione:</b>	1.0		<b>Cod. doc.:</b>



**Figura C4.2.34 – Parametri significativi per i collegamenti**

$$k_t = \frac{0,8t + 1,5}{2,5} \quad \text{per } t < 1,25 \text{ mm}$$

$$k_t = 1 \quad \text{per } t > 1,25 \text{ mm}$$

$\gamma_{m2}$  è un coefficiente di sicurezza definito dalla **Tabella 4.2.XII del paragrafo 4.2.8.1.1 Unione con bulloni e chiodi del DM 17/01/2018**

<b>Subject:</b>	Progetto Agrivoltaico "TAVERNOLA" -Potenza in Immissione 55 MW con accumulo da 10 MW	<b>Project Code:</b>	IT0PW004.071024
<b>Document Title</b>	Relazione calcoli preliminari strutture	<b>Date:</b>	JUNE 2022
<b>Client:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.	<b>Page:</b>	26

<b>Progetto:</b>	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 FOGGIA E MANFREDONIA (FG), DENOMINATO "TAVERNOLA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 49,66 MWP, POTENZA A.C. 45 MW, ACCUMULO PARI A 10 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 55 MW				
<b>Oggetto:</b>	RELAZIONE CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE				
<b>Committente:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.				
<b>Data:</b>	06/2022	<b>Revisione:</b>	1.0		<b>Cod. doc.:</b>

## 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 12: 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.

<b>Subject:</b>	Progetto Agrivoltaico "TAVERNOLA" -Potenza in Immissione 55 MW con accumulo da 10 MW	<b>Project Code:</b>	IT0PW004.071024
<b>Document Title</b>	Relazione calcoli preliminari strutture	<b>Date:</b>	JUNE 2022
<b>Client:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.	<b>Page:</b>	27

<b>Progetto:</b>	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 FOGGIA E MANFREDONIA (FG), DENOMINATO "TAVERNOLA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 49,66 MWP, POTENZA A.C. 45 MW, ACCUMULO PARI A 10 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 55 MW				
<b>Oggetto:</b>	RELAZIONE CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE				
<b>Committente:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.				
<b>Data:</b>	06/2022	<b>Revisione:</b>	1.0		<b>Cod. doc.:</b>

### 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.

<b>Subject:</b>	Progetto Agrivoltaico "TAVERNOLA" -Potenza in Immissione 55 MW con accumulo da 10 MW	<b>Project Code:</b>	IT0PW004.071024
<b>Document Title</b>	Relazione calcoli preliminari strutture	<b>Date:</b>	JUNE 2022
<b>Client:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.	<b>Page:</b>	28

<b>Progetto:</b>	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 FOGGIA E MANFREDONIA (FG), DENOMINATO "TAVERNOLA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 49,66 MWP, POTENZA A.C. 45 MW, ACCUMULO PARI A 10 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 55 MW				
<b>Oggetto:</b>	RELAZIONE CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE				
<b>Committente:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.				
<b>Data:</b>	06/2022	<b>Revisione:</b>	1.0		<b>Cod. doc.:</b>

#### 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

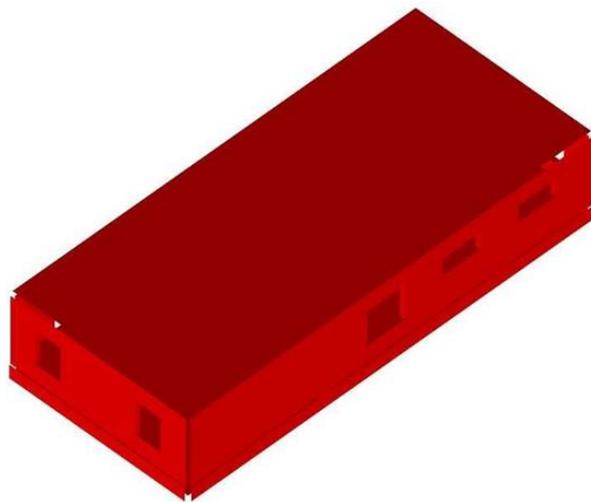


Figura 13: Modello 3D

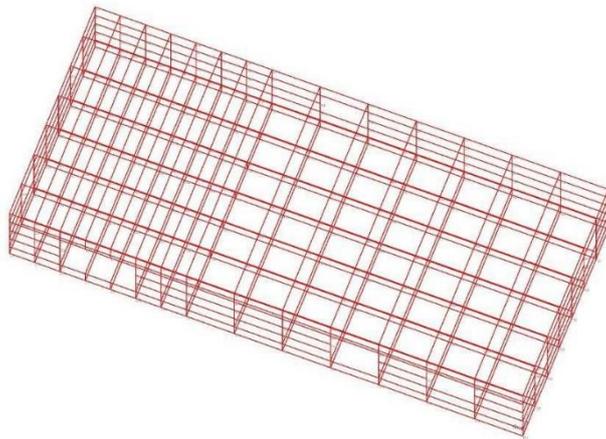


Figura 14: Modellazione elementi finiti

<b>Subject:</b>	Progetto Agrivoltaico "TAVERNOLA" -Potenza in Immissione 55 MW con accumulo da 10 MW	<b>Project Code:</b>	IT0PW004.071024
<b>Document Title</b>	Relazione calcoli preliminari strutture	<b>Date:</b>	JUNE 2022
<b>Client:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.	<b>Page:</b>	29

<b>Progetto:</b>	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 FOGGIA E MANFREDONIA (FG), DENOMINATO "TAVERNOLA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 49,66 MWP, POTENZA A.C. 45 MW, ACCUMULO PARI A 10 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 55 MW				
<b>Oggetto:</b>	RELAZIONE CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE				
<b>Committente:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.				
<b>Data:</b>	06/2022	<b>Revisione:</b>	1.0		<b>Cod. doc.:</b>

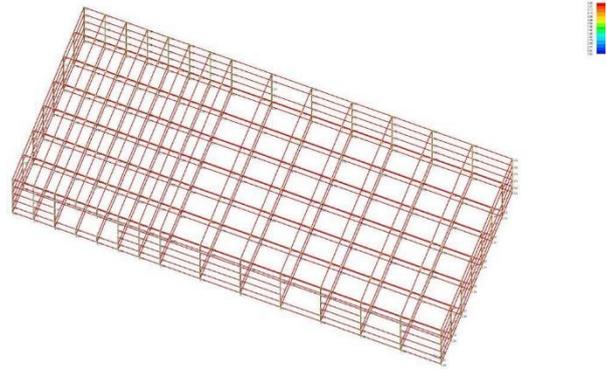


Figura 15: Valutazione degli spostamenti massimi

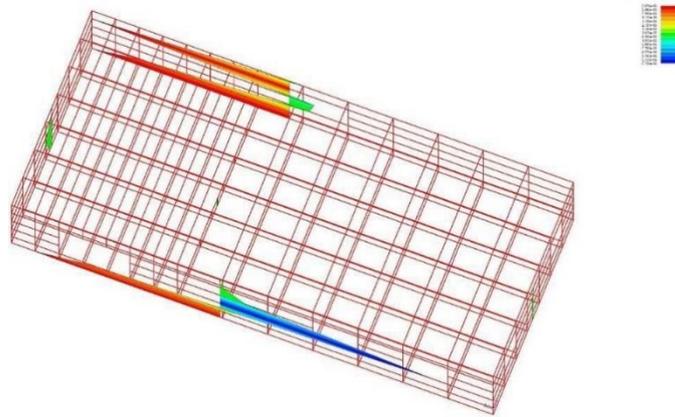


Figura 16: Valutazione degli spostamenti massimi

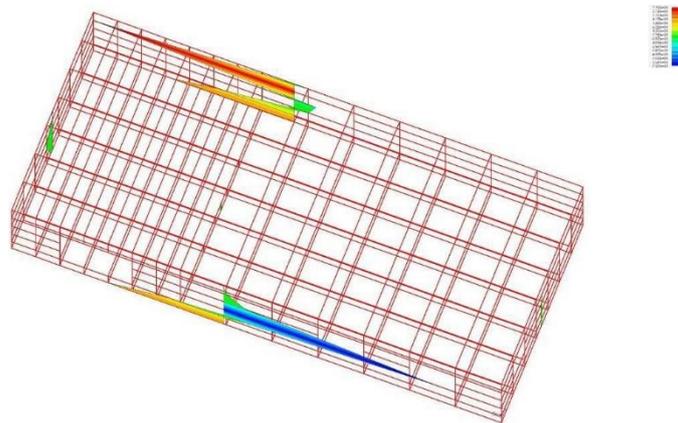


Figura 17: Sollecitazioni elementi shell

<b>Subject:</b>	Progetto Agrivoltaico "TAVERNOLA" -Potenza in Immissione 55 MW con accumulo da 10 MW	<b>Project Code:</b>	IT0PW004.071024
<b>Document Title</b>	Relazione calcoli preliminari strutture	<b>Date:</b>	JUNE 2022
<b>Client:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.	<b>Page:</b>	30

<b>Progetto:</b>	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 FOGGIA E MANFREDONIA (FG), DENOMINATO "TAVERNOLA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 49,66 MWP, POTENZA A.C. 45 MW, ACCUMULO PARI A 10 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 55 MW				
<b>Oggetto:</b>	RELAZIONE CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE				
<b>Committente:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.				
<b>Data:</b>	06/2022	<b>Revisione:</b>	1.0		<b>Cod. doc.:</b>

## 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

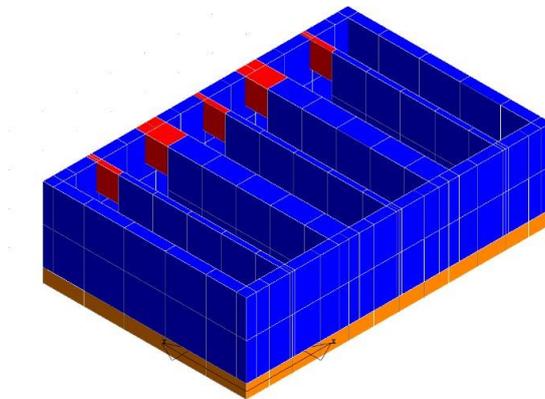


Figura 18: Modello strutturale 3D

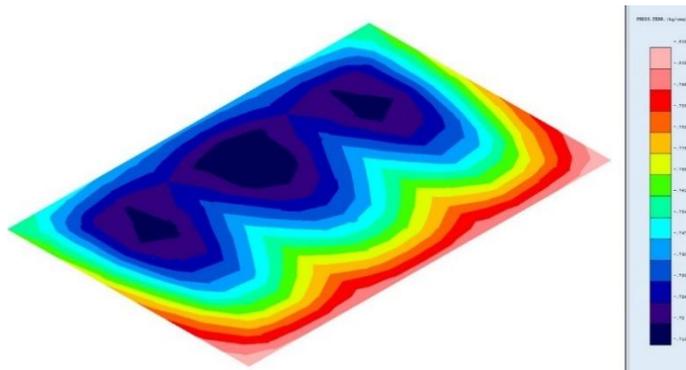


Figura 19: Pressioni terreno

<b>Subject:</b>	Progetto Agrivoltaico "TAVERNOLA" -Potenza in Immissione 55 MW con accumulo da 10 MW	<b>Project Code:</b>	IT0PW004.071024
<b>Document Title</b>	Relazione calcoli preliminari strutture	<b>Date:</b>	JUNE 2022
<b>Client:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.	<b>Page:</b>	31

<b>Progetto:</b>	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 FOGGIA E MANFREDONIA (FG), DENOMINATO "TAVERNOLA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 49,66 MWP, POTENZA A.C. 45 MW, ACCUMULO PARI A 10 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 55 MW				
<b>Oggetto:</b>	RELAZIONE CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE				
<b>Committente:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.				
<b>Data:</b>	06/2022	<b>Revisione:</b>	1.0		<b>Cod. doc.:</b>

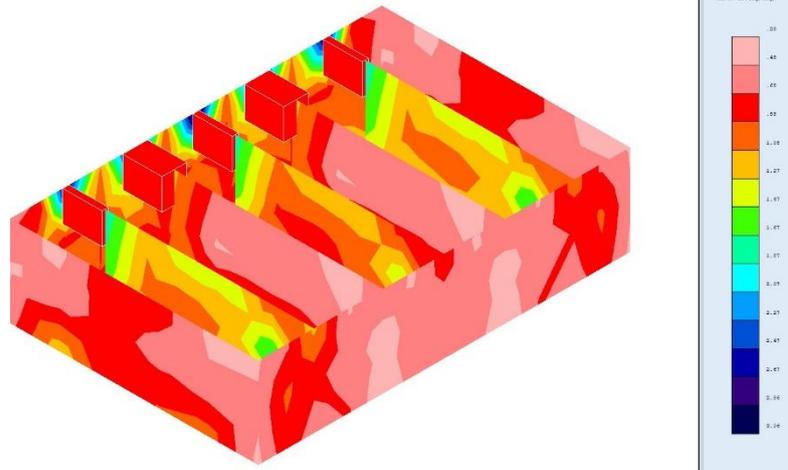


Figura 20: Stato tensionale ideale

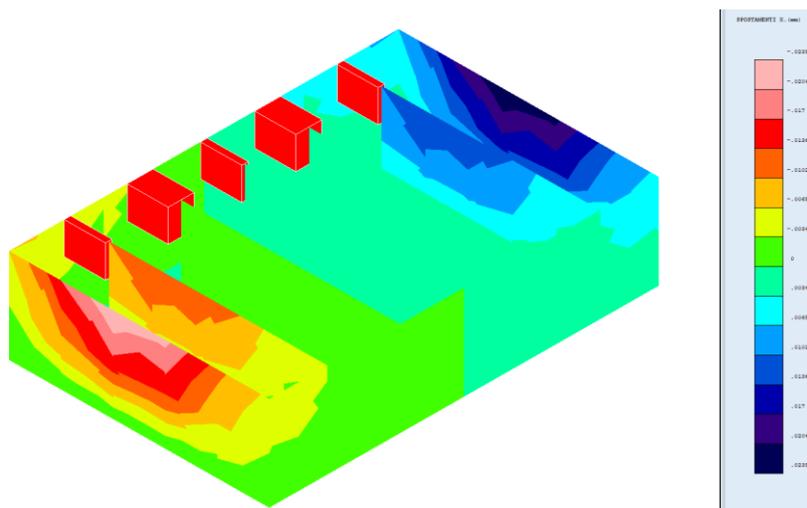


Figura 21: Stato deformativo

<b>Subject:</b>	Progetto Agrivoltaico "TAVERNOLA" -Potenza in Immissione 55 MW con accumulo da 10 MW	<b>Project Code:</b>	ITOPW004.071024
<b>Document Title</b>	Relazione calcoli preliminari strutture	<b>Date:</b>	JUNE 2022
<b>Client:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.	<b>Page:</b>	32

<b>Progetto:</b>	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 FOGGIA E MANFREDONIA (FG), DENOMINATO "TAVERNOLA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 49,66 MWP, POTENZA A.C. 45 MW, ACCUMULO PARI A 10 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 55 MW				
<b>Oggetto:</b>	RELAZIONE CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE				
<b>Committente:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.				
<b>Data:</b>	06/2022	<b>Revisione:</b>	1.0		<b>Cod. doc.:</b>

## 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

<b>Subject:</b>	Progetto Agrivoltaico "TAVERNOLA" -Potenza in Immissione 55 MW con accumulo da 10 MW	<b>Project Code:</b>	IT0PW004.071024
<b>Document Title</b>	Relazione calcoli preliminari strutture	<b>Date:</b>	JUNE 2022
<b>Client:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.	<b>Page:</b>	33

<b>Progetto:</b>	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 FOGGIA E MANFREDONIA (FG), DENOMINATO "TAVERNOLA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 49,66 MWP, POTENZA A.C. 45 MW, ACCUMULO PARI A 10 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 55 MW				
<b>Oggetto:</b>	RELAZIONE CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE				
<b>Committente:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.				
<b>Data:</b>	06/2022	<b>Revisione:</b>	1.0		<b>Cod. doc.:</b>

## 17. INDICAZIONE PER FONDAZIONE CABINE

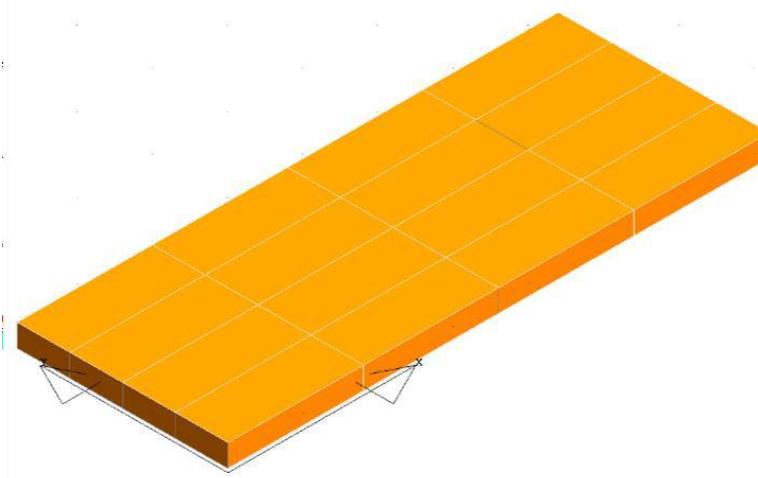
Le fondazioni saranno del tipo platea armata, ubicate ad una profondità minima di m 1,0 di profondità dall'attuale piano campagna.

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:

$$Ed = \gamma_G * G_K + \gamma_P * P_K + S (\psi_{2i} * \gamma_Q * Q_{Ki})$$

Dalla relazione di calcolo della struttura si evince che la pressione massima sul terreno è di:  $Ed = 0.35 \text{ Kg/cm}^2$

Verifica:

$R_d > E_d$  (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 rimandano alle tavole.

<b>Subject:</b>	Progetto Agrivoltaico "TAVERNOLA" -Potenza in Immissione 55 MW con accumulo da 10 MW	<b>Project Code:</b>	IT0PW004.071024
<b>Document Title</b>	Relazione calcoli preliminari strutture	<b>Date:</b>	JUNE 2022
<b>Client:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.	<b>Page:</b>	34

<b>Progetto:</b>	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 FOGGIA E MANFREDONIA (FG), DENOMINATO "TAVERNOLA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 49,66 MWP, POTENZA A.C. 45 MW, ACCUMULO PARI A 10 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 55 MW				
<b>Oggetto:</b>	RELAZIONE CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE				
<b>Committente:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.				
<b>Data:</b>	06/2022	<b>Revisione:</b>	1.0		<b>Cod. doc.:</b>

## 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

<b>Subject:</b>	Progetto Agrivoltaico "TAVERNOLA" -Potenza in Immissione 55 MW con accumulo da 10 MW	<b>Project Code:</b>	IT0PW004.071024
<b>Document Title</b>	Relazione calcoli preliminari strutture	<b>Date:</b>	JUNE 2022
<b>Client:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.	<b>Page:</b>	35

<b>Progetto:</b>	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 FOGGIA E MANFREDONIA (FG), DENOMINATO "TAVERNOLA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 49,66 MWP, POTENZA A.C. 45 MW, ACCUMULO PARI A 10 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 55 MW				
<b>Oggetto:</b>	RELAZIONE CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE				
<b>Committente:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.				
<b>Data:</b>	06/2022	<b>Revisione:</b>	1.0		<b>Cod. doc.:</b>

## 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.

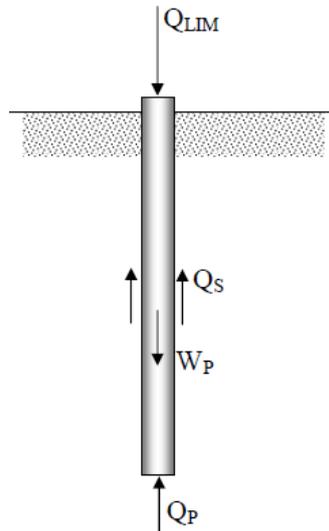


Figura 22: Schema per il calcolo della capacità portante di un palo isolato

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  $Q_P$ :

essendo  $W_P$  il peso proprio del palo.

### Stima di $Q_P$

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

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

### 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:

$$Q_S = \pi \cdot D \cdot \alpha \cdot L \cdot s$$

dove:

$\alpha$  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 0,2MPa.

<b>Subject:</b>	Progetto Agrivoltaico "TAVERNOLA" -Potenza in Immissione 55 MW con accumulo da 10 MW	<b>Project Code:</b>	IT0PW004.071024
<b>Document Title</b>	Relazione calcoli preliminari strutture	<b>Date:</b>	JUNE 2022
<b>Client:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.	<b>Page:</b>	36

<b>Progetto:</b>	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 FOGGIA E MANFREDONIA (FG), DENOMINATO "TAVERNOLA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 49,66 MWP, POTENZA A.C. 45 MW, ACCUMULO PARI A 10 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 55 MW				
<b>Oggetto:</b>	RELAZIONE CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE				
<b>Committente:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.				
<b>Data:</b>	06/2022	<b>Revisione:</b>	1.0		<b>Cod. doc.:</b>

Terreno	Valori di $\alpha$		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: 2 $V_s$ ; IGU: 1,5 $V_s$
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 2 $V_s$ o più per strati fratturati

Figura 23: Valori del coefficiente  $\alpha$

Quindi il valore del carico limite laterale è pari a  $Q_s = 75.40\text{kN}$ .

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  $Q_s = 30.16\text{kN}$ .

<b>Subject:</b>	Progetto Agrivoltaico "TAVERNOLA" -Potenza in Immissione 55 MW con accumulo da 10 MW	<b>Project Code:</b>	IT0PW004.071024
<b>Document Title</b>	Relazione calcoli preliminari strutture	<b>Date:</b>	JUNE 2022
<b>Client:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.	<b>Page:</b>	37

<b>Progetto:</b>	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 FOGGIA E MANFREDONIA (FG), DENOMINATO "TAVERNOLA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 49,66 MWP, POTENZA A.C. 45 MW, ACCUMULO PARI A 10 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 55 MW			
<b>Oggetto:</b>	RELAZIONE CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE			
<b>Committente:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.			
<b>Data:</b>	06/2022	<b>Revisione:</b>	1.0	<b>Cod. doc.:</b> IT0PW004.PD.01.REL.VIA2_2.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.

<b>Subject:</b>	Progetto Agrivoltaico "TAVERNOLA" -Potenza in Immissione 55 MW con accumulo da 10 MW	<b>Project Code:</b>	IT0PW004.071024
<b>Document Title</b>	Relazione calcoli preliminari strutture	<b>Date:</b>	JUNE 2022
<b>Client:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.	<b>Page:</b>	38

<b>Progetto:</b>	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 FOGGIA E MANFREDONIA (FG), DENOMINATO "TAVERNOLA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 49,66 MWP, POTENZA A.C. 45 MW, ACCUMULO PARI A 10 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 55 MW				
<b>Oggetto:</b>	RELAZIONE CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE				
<b>Committente:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.				
<b>Data:</b>	06/2022	<b>Revisione:</b>	1.0		<b>Cod. doc.:</b>

## 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  $Q_s$   
= 30.16Kn

<b>Subject:</b>	Progetto Agrivoltaico "TAVERNOLA" -Potenza in Immissione 55 MW con accumulo da 10 MW	<b>Project Code:</b>	IT0PW004.071024
<b>Document Title</b>	Relazione calcoli preliminari strutture	<b>Date:</b>	JUNE 2022
<b>Client:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.	<b>Page:</b>	39

<b>Progetto:</b>	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 FOGGIA E MANFREDONIA (FG), DENOMINATO "TAVERNOLA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 49,66 MWP, POTENZA A.C. 45 MW, ACCUMULO PARI A 10 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 55 MW				
<b>Oggetto:</b>	RELAZIONE CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE				
<b>Committente:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.				
<b>Data:</b>	06/2022	<b>Revisione:</b>	1.0		<b>Cod. doc.:</b>

## 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/m<sup>3</sup> (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/m<sup>3</sup> 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.) = 0.71 kN

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 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 "hb" viene calcolata con la seguente formula

$$p = q_{rif} * c_e * c_p * c_d$$

dove:

- $q_{rif}$  = pressione cinetica di riferimento;
- $c_e$  = coefficiente di esposizione;
- $c_p$  = coefficiente di forma;
- $c_d$  = coefficiente dinamico

<b>Subject:</b>	Progetto Agrivoltaico "TAVERNOLA" -Potenza in Immissione 55 MW con accumulo da 10 MW	<b>Project Code:</b>	IT0PW004.071024
<b>Document Title</b>	Relazione calcoli preliminari strutture	<b>Date:</b>	JUNE 2022
<b>Client:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.	<b>Page:</b>	40

<b>Progetto:</b>	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 FOGGIA E MANFREDONIA (FG), DENOMINATO "TAVERNOLA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 49,66 MWP, POTENZA A.C. 45 MW, ACCUMULO PARI A 10 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 55 MW				
<b>Oggetto:</b>	RELAZIONE CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE				
<b>Committente:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.				
<b>Data:</b>	06/2022	<b>Revisione:</b>	1.0		<b>Cod. doc.:</b>

#### 22.4.1 Calcolo dei coefficienti

- Coefficiente dinamico ( $C_d$ ) = 1,00
- Coefficiente topografico ( $C_t$ ) = 1,00

Il coefficiente di esposizione si esprime tramite la:

$$c_e = k r^2 \cdot c_t \cdot \ln(z/z_0) \cdot [7 + c_t \cdot \ln(z/z_0)] \text{ per } (z > z_{min})$$

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

Coefficiente di esposizione palo tipo 2 ( $C_e z=9$ ) = 2

*Coefficiente di forma:* Il coefficiente di forma per la valutazione della pressione esterna ed interna dipende dalla tipologia strutturale. In questo caso è funzione del diametro della costruzione e della pressione  $q = q_{ref} \cdot c_e$

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

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  $d\sqrt{q} = 3.45$  e  $d\sqrt{q} = 4.22$  e quindi:

$C_p$  per il palo  $h=6m = 0.87$

$C_p$  per il palo  $h=9m = 0.7$

#### 22.4.2 Valutazione dell'azione del vento sui pali

Pressione del vento sul palo tipo 1:  $p = q_b C_e C_p C_d = 721 \text{ N/mq}$

Pressione del vento sul palo tipo 2:  $p = q_b C_e C_p C_d = 638 \text{ N/mq}$

Le suddette azioni, si reputano distribuite su un'area rispettivamente di 0.72 mq e di 1.26 mq, dando origine a 2 spinte risultanti applicate nella mezzeria di ciascun palo pari a:

$S_1 = 519.12 \text{ N}$

$S_2 = 803.88 \text{ N}$

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

#### 22.4.3 Definizione dell'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.

#### 22.4.4 Definizione dell'azione sismica

La vita nominale di un'opera strutturale  $V_N$  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  $V_N=50$  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  $V_N$  per il coefficiente d'uso  $C_u$ :  $V_R = V_N \cdot C_u$

Il valore del coefficiente d'uso  $C_U$  è definito al variare della classe d'uso. Si ottiene quindi:  $V_R = V_N \cdot C_U = 50 \cdot 1,5 = 75$  anni

<b>Subject:</b>	Progetto Agrivoltaico "TAVERNOLA" -Potenza in Immissione 55 MW con accumulo da 10 MW	<b>Project Code:</b>	IT0PW004.071024
<b>Document Title</b>	Relazione calcoli preliminari strutture	<b>Date:</b>	JUNE 2022
<b>Client:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.	<b>Page:</b>	41

<b>Progetto:</b>	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 FOGGIA E MANFREDONIA (FG), DENOMINATO "TAVERNOLA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 49,66 MWP, POTENZA A.C. 45 MW, ACCUMULO PARI A 10 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 55 MW				
<b>Oggetto:</b>	RELAZIONE CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE				
<b>Committente:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.				
<b>Data:</b>	06/2022	<b>Revisione:</b>	1.0		<b>Cod. doc.:</b>

### 22.4.5 Azione sismica

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, T1, è stato valutato utilizzando la seguente formula:

$$T1 = C1 * H^{3/4}$$

dove H è l'altezza della costruzione, in metri, dal piano di fondazione e C1 è pari a 0,050 nel caso in esame. L'entità della forza si ottiene dall'ordinata dello spettro di progetto corrispondente al periodo T1 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:

$$Fh = Sd(T1) * W * l / g$$

dove Sd(T1) è l'ordinata dello spettro di risposta di progetto, W è il peso complessivo della struttura, l è un coefficiente pari a 1 nel caso in esame, e 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 T1.

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

Latitudine **15.690981° E** - Longitudine **41.491253° N**; con tali valori si ricavano, per lo stato limite SLV, i seguenti parametri:

PALO H=7	PALO H=10
C <sub>1</sub> =0.05	C <sub>1</sub> =0.05
H= 6	H= 9
T <sub>1</sub> = C <sub>1</sub> *H <sup>3/4</sup> = 0.19	T <sub>1</sub> = C <sub>1</sub> *H <sup>3/4</sup> = 0.26
T*c = 0.533	T*c = 0.533
Cc = 1	Cc = 1
F <sub>0</sub> = 2.688	F <sub>0</sub> = 2.688
a <sub>g</sub> /g = 0.08	a <sub>g</sub> /g = 0.08
S <sub>r</sub> = 1	S <sub>r</sub> = 1
S <sub>s</sub> = 1	S <sub>s</sub> = 1
S-S <sub>r</sub> *S <sub>s</sub> -1	S-S <sub>r</sub> *S <sub>s</sub> -1
verifica T <sub>1</sub> <2,5 *Cc *Tc= 1.3325 verificato	verifica T <sub>1</sub> <2,5 *Cc *Tc= 1.3325 verificato
verifica T1 <TD = 1.922	verifica T1 <TD = 1.922
q = 1	q = 1
Sd(T1)=a <sub>g</sub> *S*F <sub>0</sub> /q = 2.11	Sd(T1)=a <sub>g</sub> *S*F <sub>0</sub> /q = 2.11
W= 810 N	W= 1160 N
l = 1	L = 1
Fh=Sd(T1)*W*l/g = 174 N	Fh=Sd(T1)*W*l/g = 250 N

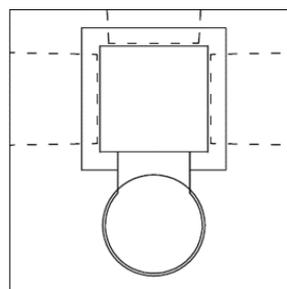
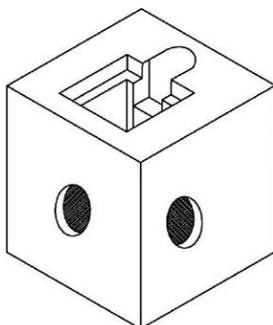
La forzante sismica Fh sarà applicata alla sommità del palo a mensola. Le azioni in questione, in entrambi i casi, generano secondo combinazione sismica, effetti meno gravosi rispetto all'azione del vento, di conseguenza nel seguito verranno trascurate.

### 22.5 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



<b>Subject:</b>	Progetto Agrivoltaico "TAVERNOLA" -Potenza in Immissione 55 MW con accumulo da 10 MW	<b>Project Code:</b>	IT0PW004.071024
<b>Document Title</b>	Relazione calcoli preliminari strutture	<b>Date:</b>	JUNE 2022
<b>Client:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.	<b>Page:</b>	42

<b>Progetto:</b>	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 FOGGIA E MANFREDONIA (FG), DENOMINATO "TAVERNOLA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 49,66 MWP, POTENZA A.C. 45 MW, ACCUMULO PARI A 10 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 55 MW				
<b>Oggetto:</b>	RELAZIONE CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE				
<b>Committente:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.				
<b>Data:</b>	06/2022	<b>Revisione:</b>	1.0		<b>Cod. doc.:</b>

### 22.5.1 Modalità di posa

Il manufatto va posato su uno strato di magrone di livellamento (dosaggio 150kg/m<sup>3</sup>). 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.

### 22.5.2 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<sub>k</sub>: azioni dovute ai sovraccarichi accidentali;

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

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

Essendo i  $\gamma$  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.

## 22.6 Verifica dei pali

### 22.6.1 Verifica del palo 1 h =6

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

Altezza del palo L= 6.00 m

Diametro di base del palo D= 13.90 cm

Spessore sezione trasversale t= 4.00 mm

Tensione di snervamento acciaio S235 J0 fy= 235 MPa

### 22.6.2 Verifica a flessione

Coeff. Parz. di sicurezza per la resistenza  $g_{M0}=1.05$

Coeff STR carichi accidentali  $g_Q=1.5$  (sfavorevoli)

Momento sollecitante massimo dovuto a S1  $M_{sd} = g_Q \cdot S1 \cdot L_{palo} / 2 = 2.34$  kNm

Parametro sezione trasversale  $D/t=34.75$

Parametro resistenza classe sezione trasversale  $\epsilon = \left( \frac{235}{f_{yk}} \right)^{1/2} = 1$

<b>Subject:</b>	Progetto Agrivoltaico "TAVERNOLA" -Potenza in Immissione 55 MW con accumulo da 10 MW	<b>Project Code:</b>	IT0PW004.071024
<b>Document Title</b>	Relazione calcoli preliminari strutture	<b>Date:</b>	JUNE 2022
<b>Client:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.	<b>Page:</b>	43

<b>Progetto:</b>	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 FOGGIA E MANFREDONIA (FG), DENOMINATO "TAVERNOLA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 49,66 MWP, POTENZA A.C. 45 MW, ACCUMULO PARI A 10 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 55 MW				
<b>Oggetto:</b>	RELAZIONE CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE				
<b>Committente:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.				
<b>Data:</b>	06/2022	<b>Revisione:</b>	1.0		<b>Cod. doc.:</b>

Classe sezione trasversale  $= 1 (D/t \leq 50 * \epsilon^2 = 50)$

Modulo di resistenza plastico  $W_{pl} = \frac{D^3 - (D-2t)^3}{6} = 72921 \text{ mm}^3$

Momento resistente di progetto  $M_{rd} = \frac{W_{pl} * f_y}{\gamma_{M0}} = 16.320 \text{ kNm}$

## VERIFICATO

### 22.6.3 Verifica del palo 2 h = 9

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 fy= 235 MPa

### 22.6.4 Verifica a flessione

Coeff. Parz. di sicurezza per la resistenza  $g_{M0} = 1.05$

Coeff STR carichi accidentali  $g_Q = 1.5$  (sfavorevoli)

Momento sollecitante massimo dovuto a S1  $M_{sd} = g_Q * S1 * L_{palo} / 2 = 5.427 \text{ kNm}$

Parametro sezione trasversale  $D/t = 38$

Parametro resistenza classe sezione trasversale  $\epsilon = \left( \frac{235}{f_{yk}} \right)^{1/2} = 1$

Classe sezione trasversale  $= 1 (D/t \leq 50 * \epsilon^2 = 50)$

Modulo di resistenza plastico  $W_{pl} = \frac{D^3 - (D-2t)^3}{6} = 87637 \text{ mm}^3$

Momento resistente di progetto  $M_{rd} = \frac{W_{pl} * f_y}{\gamma_{M0}} = 19.614 \text{ kNm}$

## VERIFICATO

<b>Subject:</b>	Progetto Agrivoltaico "TAVERNOLA" -Potenza in Immissione 55 MW con accumulo da 10 MW	<b>Project Code:</b>	IT0PW004.071024
<b>Document Title</b>	Relazione calcoli preliminari strutture	<b>Date:</b>	JUNE 2022
<b>Client:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.	<b>Page:</b>	44

<b>Progetto:</b>	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 FOGGIA E MANFREDONIA (FG), DENOMINATO "TAVERNOLA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 49,66 MWP, POTENZA A.C. 45 MW, ACCUMULO PARI A 10 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 55 MW				
<b>Oggetto:</b>	RELAZIONE CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE				
<b>Committente:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.				
<b>Data:</b>	06/2022	<b>Revisione:</b>	1.0		<b>Cod. doc.:</b>

## 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 punto **10.2 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

<b>Subject:</b>	Progetto Agrivoltaico "TAVERNOLA" -Potenza in Immissione 55 MW con accumulo da 10 MW	<b>Project Code:</b>	IT0PW004.071024
<b>Document Title</b>	Relazione calcoli preliminari strutture	<b>Date:</b>	JUNE 2022
<b>Client:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.	<b>Page:</b>	45

<b>Progetto:</b>	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 FOGGIA E MANFREDONIA (FG), DENOMINATO "TAVERNOLA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 49,66 MWP, POTENZA A.C. 45 MW, ACCUMULO PARI A 10 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 55 MW			
<b>Oggetto:</b>	RELAZIONE CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE			
<b>Committente:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.			
<b>Data:</b>	06/2022	<b>Revisione:</b>	1.0	<b>Cod. doc.:</b> IT0PW004.PD.01.REL.VIA2_2.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 § 9 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.

<b>Subject:</b>	Progetto Agrivoltaico "TAVERNOLA" -Potenza in Immissione 55 MW con accumulo da 10 MW	<b>Project Code:</b>	IT0PW004.071024
<b>Document Title</b>	Relazione calcoli preliminari strutture	<b>Date:</b>	JUNE 2022
<b>Client:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.	<b>Page:</b>	46

<b>Progetto:</b>	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 FOGGIA E MANFREDONIA (FG), DENOMINATO "TAVERNOLA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 49,66 MWP, POTENZA A.C. 45 MW, ACCUMULO PARI A 10 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 55 MW				
<b>Oggetto:</b>	RELAZIONE CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE				
<b>Committente:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.				
<b>Data:</b>	06/2022	<b>Revisione:</b>	1.0		<b>Cod. doc.:</b>

## 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 "paragrafo 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  $f_y = R_eH$  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.

**Tabella 11.3.IX – Laminati a caldo con profili a sezione aperta**

Norme e qualità degli acciai	Spessore nominale dell'elemento			
	$t \leq 40$ mm		$40$ mm $< t \leq 80$ mm	
	$f_{yk}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_{tk}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_{yk}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_{tk}$ [N/mm <sup>2</sup> ]
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
UNI EN 10025-5				
S 235 W	235	360	215	340
S 355 W	355	510	335	490

**Tabella 11.3.X - Laminati a caldo con profili a sezione cava**

Norme e qualità degli acciai	Spessore nominale dell'elemento			
	$t \leq 40$ mm		$40$ mm $< t \leq 80$ mm	
	$f_{yk}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_{tk}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_{yk}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_{tk}$ [N/mm <sup>2</sup> ]
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

<b>Subject:</b>	Progetto Agrivoltaico "TAVERNOLA" -Potenza in Immissione 55 MW con accumulo da 10 MW	<b>Project Code:</b>	IT0PW004.071024
<b>Document Title</b>	Relazione calcoli preliminari strutture	<b>Date:</b>	JUNE 2022
<b>Client:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.	<b>Page:</b>	47

<b>Progetto:</b>	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 FOGGIA E MANFREDONIA (FG), DENOMINATO "TAVERNOLA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 49,66 MWP, POTENZA A.C. 45 MW, ACCUMULO PARI A 10 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 55 MW				
<b>Oggetto:</b>	RELAZIONE CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE				
<b>Committente:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.				
<b>Data:</b>	06/2022	<b>Revisione:</b>	1.0	<b>Cod. doc.:</b>	

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	

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

- o modulo elastico  $E = 210000 \text{ N/mm}^2$
- o modulo di elasticità trasversale  $G = E / [2(1+\nu)]$
- o coefficiente di Poisson  $\nu = 0.3$
- o coefficiente di espansione  $\alpha = 12 \cdot 10^{-6} \text{ per } ^\circ\text{C}^{-1}$
- o 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	Symbols for the types of hot-dip coating		C	Si	Mn	P	S	0,2 %-proof strength $R_{p0.2}^a$ MPa <sup>*</sup> min.	Tensile strength $R_m^b$ MPa <sup>*</sup> min.	Elongation $A_{g0}^c$ % min.
Steel name	Steel number									
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	360	17
S350GD	1.0529	+Z,+ZF,+ZA,+AZ,+AS						350	420	16
S550GD	1.0531	+Z,+ZF,+ZA,+AZ						550	560	-

<sup>\*</sup> 1MPa = 1 N/mm<sup>2</sup>.  
<sup>a</sup> If the yield point is pronounced, the values apply to the upper yield point ( $R_{u1}$ ).  
<sup>b</sup> For all grades except S550GD, a range of 140 MPa can be expected for tensile strength.  
<sup>c</sup> For product thicknesses  $\leq 0,70$  mm (including coating) the minimum elongation values ( $A_{g0}$ ) shall be reduced by 2 units.

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

Designation			Chemical composition % by mass max.					Mechanical properties		
Steel grade	Symbols for the types of hot-dip coating		C	Si	Mn	P	S	0,2 %-proof strength $R_{p0.2}^a$ MPa <sup>*</sup> min.	Tensile strength $R_m^b$ MPa <sup>*</sup> min.	Elongation $A_{g0}^c$ % min.
Steel name	Steel number									
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	360	17
S350GD	1.0529	+Z,+ZF,+ZA,+AZ,+AS						350	420	16
S550GD	1.0531	+Z,+ZF,+ZA,+AZ						550	560	-

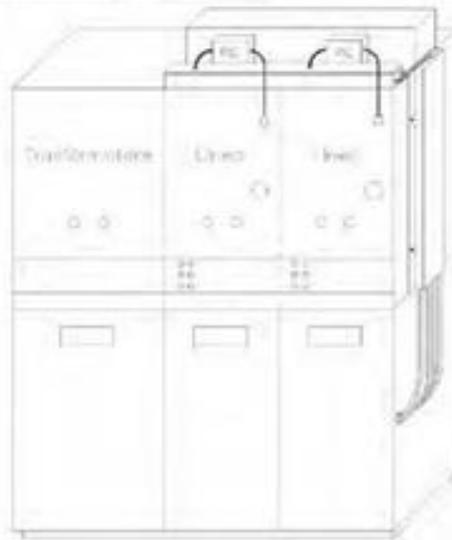
<sup>\*</sup> 1MPa = 1 N/mm<sup>2</sup>.  
<sup>a</sup> If the yield point is pronounced, the values apply to the upper yield point ( $R_{u1}$ ).  
<sup>b</sup> For all grades except S550GD, a range of 140 MPa can be expected for tensile strength.  
<sup>c</sup> For product thicknesses  $\leq 0,70$  mm (including coating) the minimum elongation values ( $A_{g0}$ ) shall be reduced by 2 units.

<b>Subject:</b>	Progetto Agrivoltaico "TAVERNOLA" -Potenza in Immissione 55 MW con accumulo da 10 MW	<b>Project Code:</b>	IT0PW004.071024
<b>Document Title</b>	Relazione calcoli preliminari strutture	<b>Date:</b>	JUNE 2022
<b>Client:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.	<b>Page:</b>	48

<b>Progetto:</b>	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 FOGGIA E MANFREDONIA (FG), DENOMINATO "TAVERNOLA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 49,66 MWP, POTENZA A.C. 45 MW, ACCUMULO PARI A 10 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 55 MW				
<b>Oggetto:</b>	RELAZIONE CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE				
<b>Committente:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.				
<b>Data:</b>	06/2022	<b>Revisione:</b>	1.0		<b>Cod. doc.:</b>

## 24.2 Quadro in SF6

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



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

ENEL 900

<b>Subject:</b>	Progetto Agrivoltaico "TAVERNOLA" -Potenza in Immissione 55 MW con accumulo da 10 MW	<b>Project Code:</b>	IT0PW004.071024
<b>Document Title</b>	Relazione calcoli preliminari strutture	<b>Date:</b>	JUNE 2022
<b>Client:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.	<b>Page:</b>	49

<b>Progetto:</b>	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 FOGGIA E MANFREDONIA (FG), DENOMINATO "TAVERNOLA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 49,66 MWP, POTENZA A.C. 45 MW, ACCUMULO PARI A 10 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 55 MW				
<b>Oggetto:</b>	RELAZIONE CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE				
<b>Committente:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.				
<b>Data:</b>	06/2022	<b>Revisione:</b>	1.0		<b>Cod. doc.:</b>

### 24.3 Quadro in SF6 (Utente)

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

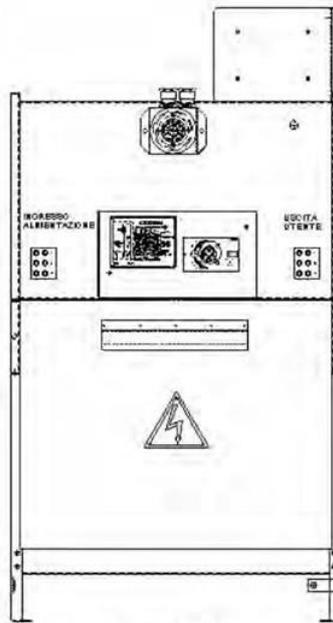


Figura 1: DY 808

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 / X / X / 5 / X / X / k / V

DY 808

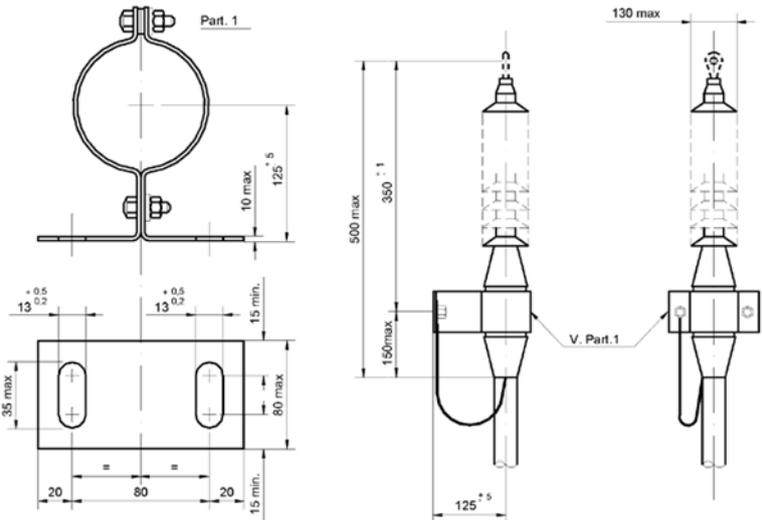
<b>Subject:</b>	Progetto Agrivoltaico "TAVERNOLA" -Potenza in Immissione 55 MW con accumulo da 10 MW	<b>Project Code:</b>	IT0PW004.071024
<b>Document Title</b>	Relazione calcoli preliminari strutture	<b>Date:</b>	JUNE 2022
<b>Client:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.	<b>Page:</b>	50

<b>Progetto:</b>	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 FOGGIA E MANFREDONIA (FG), DENOMINATO "TAVERNOLA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 49,66 MWP, POTENZA A.C. 45 MW, ACCUMULO PARI A 10 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 55 MW				
<b>Oggetto:</b>	RELAZIONE CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE				
<b>Committente:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.				
<b>Data:</b>	06/2022				<b>Revisione:</b>

## 24.4 Terminali Unipolari

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

Dimensioni in mm



Matricola	273045	273046	273044	273040	273048	273049	
<b>Tipo</b>	DJ 4456/1	DJ 4456/2	DJ 4456/3	DJ 4456/6	DJ 4456/4	DJ 4456/5	
<b>Caratteristiche del cavo</b>	Tensione nominale di isolamento U <sub>0/20</sub> (kV)	12/20	12/20	12/20	12/20	12/20	
	Sezioni del cavo (mm <sup>2</sup> )	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
<b>Soluzione costruttiva</b>	Retraibile						
Tensione nominale di isolamento verso terra U <sub>0</sub> (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**

<b>Subject:</b>	Progetto Agrivoltaico "TAVERNOLA" -Potenza in Immissione 55 MW con accumulo da 10 MW	<b>Project Code:</b>	ITOPW004.071024
<b>Document Title</b>	Relazione calcoli preliminari strutture	<b>Date:</b>	JUNE 2022
<b>Client:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.	<b>Page:</b>	51

<b>Progetto:</b>	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 FOGGIA E MANFREDONIA (FG), DENOMINATO "TAVERNOLA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 49,66 MWP, POTENZA A.C. 45 MW, ACCUMULO PARI A 10 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 55 MW				
<b>Oggetto:</b>	RELAZIONE CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE				
<b>Committente:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.				
<b>Data:</b>	06/2022	<b>Revisione:</b>	1.0	<b>Cod. doc.:</b>	

## 24.5 Cavi MT 30 kV

 <b>Enel Distribuzione</b>	<b>SPECIFICA DI COSTRUZIONE</b>	
	<b>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</b>	<b>DC 4385</b> Rev. 2 del Giugno 2008
	Sigla designazione cavi: <b>ARE4H5EX    ARP1H5EX</b>	

### PROSPETTO 1 - Caratteristiche dei cavi

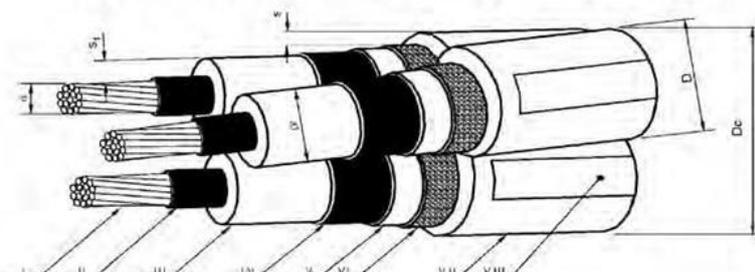
1	2	3	4	5	6	7	8
Matricola	Tipo	Isolante	Numero di conduttori per sezione nominale (n° x mm <sup>2</sup> )	Diametro circoscritto Dc max. (mm)	Massa circa (kg/km)	Portata (1) (A)	Corrente termica di corto circuito (2) (kA)
33 22 82	DC 4385/1	XLPE	3 x (1x70)	65	2150	200	9
	DC 4385/3	HPTE					
33 22 84	DC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



- I - Conduttore
- II - Strato semiconduttore
- III - Isolante
- IV - Strato semiconduttore
- V - Nastro semiconduttore (prospiciente)
- VI - Schermo
- VII - Guaina
- VIII - Stampigliatura

Fig. 1

DC4385

<b>Subject:</b>	Progetto Agrivoltaico "TAVERNOLA" -Potenza in Immissione 55 MW con accumulo da 10 MW	<b>Project Code:</b>	ITOPW004.071024
<b>Document Title</b>	Relazione calcoli preliminari strutture	<b>Date:</b>	JUNE 2022
<b>Client:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.	<b>Page:</b>	52

<b>Progetto:</b>	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 FOGGIA E MANFREDONIA (FG), DENOMINATO "TAVERNOLA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 49,66 MWP, POTENZA A.C. 45 MW, ACCUMULO PARI A 10 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 55 MW				
<b>Oggetto:</b>	RELAZIONE CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE				
<b>Committente:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.				
<b>Data:</b>	06/2022	<b>Revisione:</b>	1.0	<b>Cod. doc.:</b>	

## 24.6 Nastro Monitoro

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

Quote in mm



Fig. A

□	GIUNTO MEDIA TENSIONE ESEGUITO DALL'IMPRESA : ROSSI MARIO E C. S.N.C. INDIRIZZO SOCIALE : VIA DELL'INDUSTRIA, 1259 - SANTARCANGELO DI ROMAGNA (RN) GIORNO 22 MESE 09 ANNO 1996	□
---	--	---

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

Fig. B

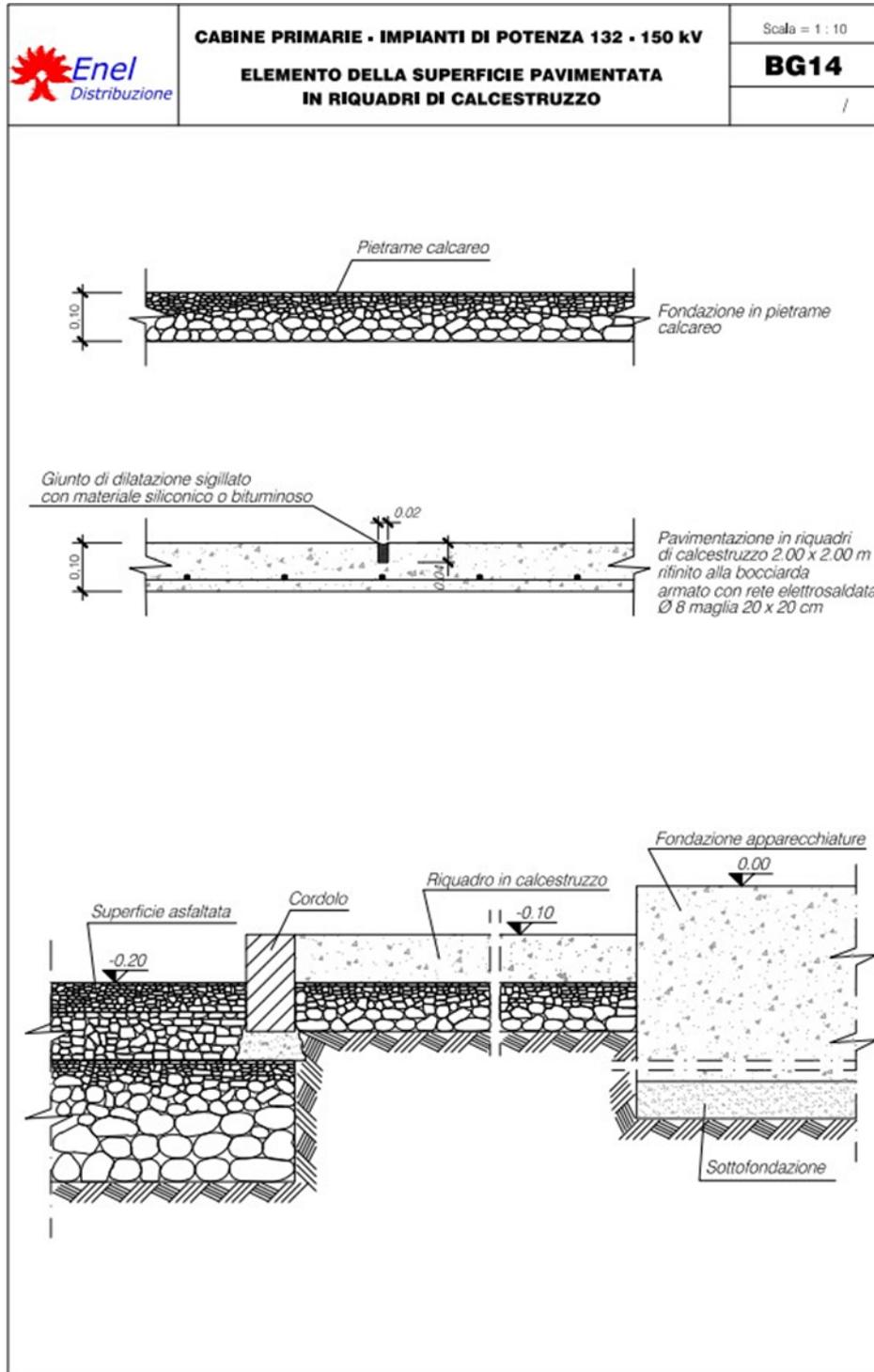
Fig.	Denominazione	Matricola	Tabella
A	Nastro monitoro per indicazione della presenza dei cavi elettrici interrati	85 88 33	DS 4285
B	Targa identificatrice esecutore giunto	----	----

DIREZIONE RETE – SUPPORTO INGEGNERIA

<b>Subject:</b>	Progetto Agrivoltaico "TAVERNOLA" -Potenza in Immissione 55 MW con accumulo da 10 MW	<b>Project Code:</b>	IT0PW004.071024
<b>Document Title</b>	Relazione calcoli preliminari strutture	<b>Date:</b>	JUNE 2022
<b>Client:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.	<b>Page:</b>	53

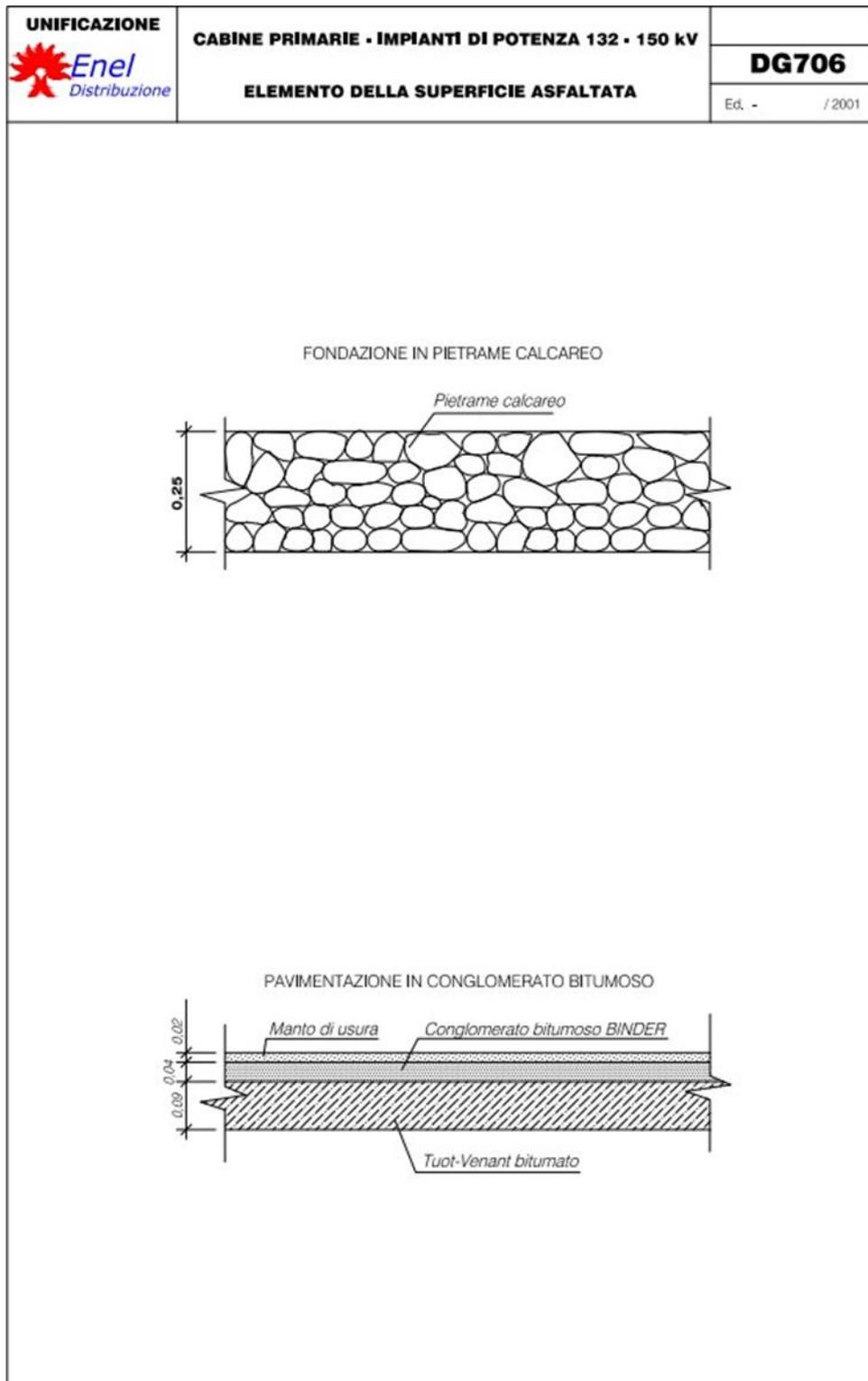
<b>Progetto:</b>	PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO CON ACCUMULO E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE DA REALIZZARSI IN AGRO DI FOGGIA E MANFREDONIA (FG), DENOMINATO "TAVERNOLA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 49,66 MWP, POTENZA A.C. 45 MW, ACCUMULO PARI A 10 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 55 MW				
<b>Oggetto:</b>	RELAZIONE CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE				
<b>Committente:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.				
<b>Data:</b>	06/2022	<b>Revisione:</b>	1.0	<b>Cod. doc.:</b>	

## 24.7 Particolari costruttivi opere di connessione



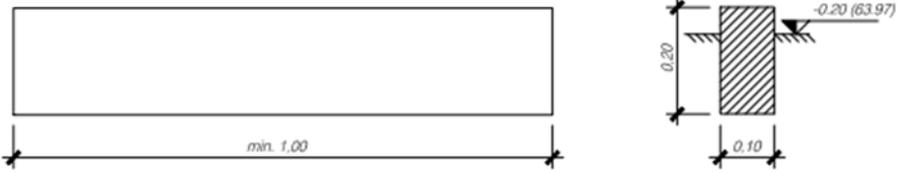
<b>Subject:</b>	Progetto Agrivoltaico "TAVERNOLA" -Potenza in Immissione 55 MW con accumulo da 10 MW	<b>Project Code:</b>	IT0PW004.071024
<b>Document Title</b>	Relazione calcoli preliminari strutture	<b>Date:</b>	JUNE 2022
<b>Client:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.	<b>Page:</b>	54

<b>Progetto:</b>	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 FOGGIA E MANFREDONIA (FG), DENOMINATO "TAVERNOLA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 49,66 MWP, POTENZA A.C. 45 MW, ACCUMULO PARI A 10 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 55 MW				
<b>Oggetto:</b>	RELAZIONE CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE				
<b>Committente:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.				
<b>Data:</b>	06/2022	<b>Revisione:</b>	1.0		<b>Cod. doc.:</b>



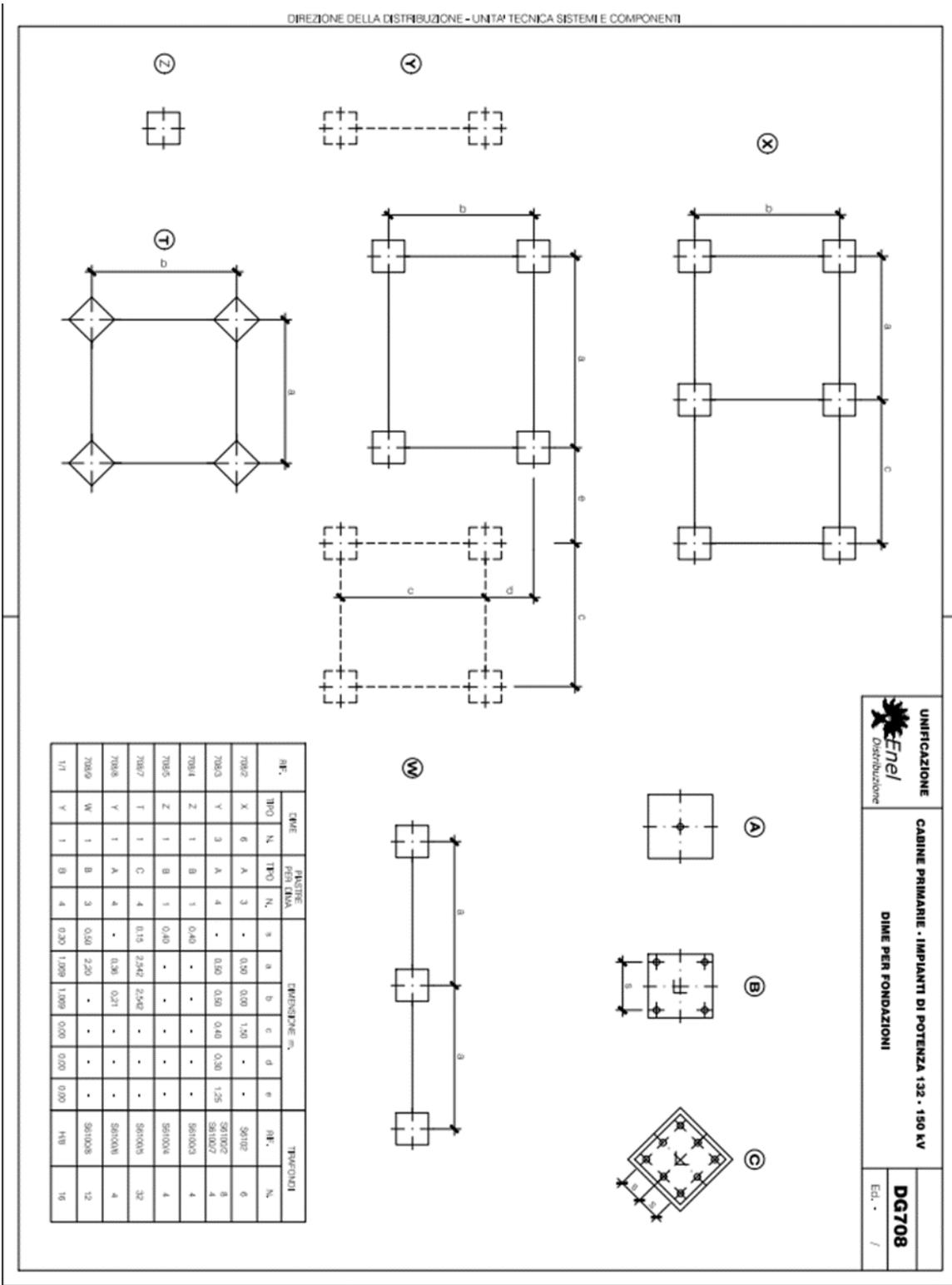
<b>Subject:</b>	Progetto Agrivoltaico "TAVERNOLA" -Potenza in Immissione 55 MW con accumulo da 10 MW	<b>Project Code:</b>	IT0PW004.071024
<b>Document Title</b>	Relazione calcoli preliminari strutture	<b>Date:</b>	JUNE 2022
<b>Client:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.	<b>Page:</b>	55

<b>Progetto:</b>	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 FOGGIA E MANFREDONIA (FG), DENOMINATO "TAVERNOLA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 49,66 MWP, POTENZA A.C. 45 MW, ACCUMULO PARI A 10 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 55 MW				
<b>Oggetto:</b>	RELAZIONE CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE				
<b>Committente:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.				
<b>Data:</b>	06/2022	<b>Revisione:</b>	1.0		<b>Cod. doc.:</b>

<b>UNIFICAZIONE</b>  	<b>CABINE PRIMARIE - IMPIANTI DI POTENZA 132 - 150 kV</b>  <b>CORDOLO PER DELIMITAZIONE ZONA PRATO</b>	<b>DG3608</b>  Ed. -				
						
<table border="1" style="margin: auto;"> <thead> <tr> <th>RIF.</th> <th>VOLUME m<sup>3</sup></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>3608</td> <td>0,02</td> </tr> </tbody> </table>			RIF.	VOLUME m <sup>3</sup>	3608	0,02
RIF.	VOLUME m <sup>3</sup>					
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>						

<b>Subject:</b>	Progetto Agrivoltaico "TAVERNOLA" -Potenza in Immissione 55 MW con accumulo da 10 MW	<b>Project Code:</b>	IT0PW004.071024
<b>Document Title</b>	Relazione calcoli preliminari strutture	<b>Date:</b>	JUNE 2022
<b>Client:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.	<b>Page:</b>	56

<b>Progetto:</b>	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 FOGGIA E MANFREDONIA (FG), DENOMINATO "TAVERNOLA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 49,66 MWP, POTENZA A.C. 45 MW, ACCUMULO PARI A 10 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 55 MW		
<b>Oggetto:</b>	RELAZIONE CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE		
<b>Committente:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.		
<b>Data:</b>	06/2022	<b>Revisione:</b>	1.0
		<b>Cod. doc.:</b>	IT0PW004.PD.01.REL.VIA2_2.RCPS



**UNIFICAZIONE**  
**Enel**  
Distribuzione

**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 FOGGIA E MANFREDONIA (FG), DENOMINATO "TAVERNOLA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 49,66 MWP, POTENZA A.C. 45 MW, ACCUMULO PARI A 10 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 55 MW				
Oggetto:	RELAZIONE CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE				
Committente:	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.				
Data:	06/2022	Revisione:	1.0	Cod. doc.:	IT0PW004.PD.01.REL.VIA2_2.RCPS

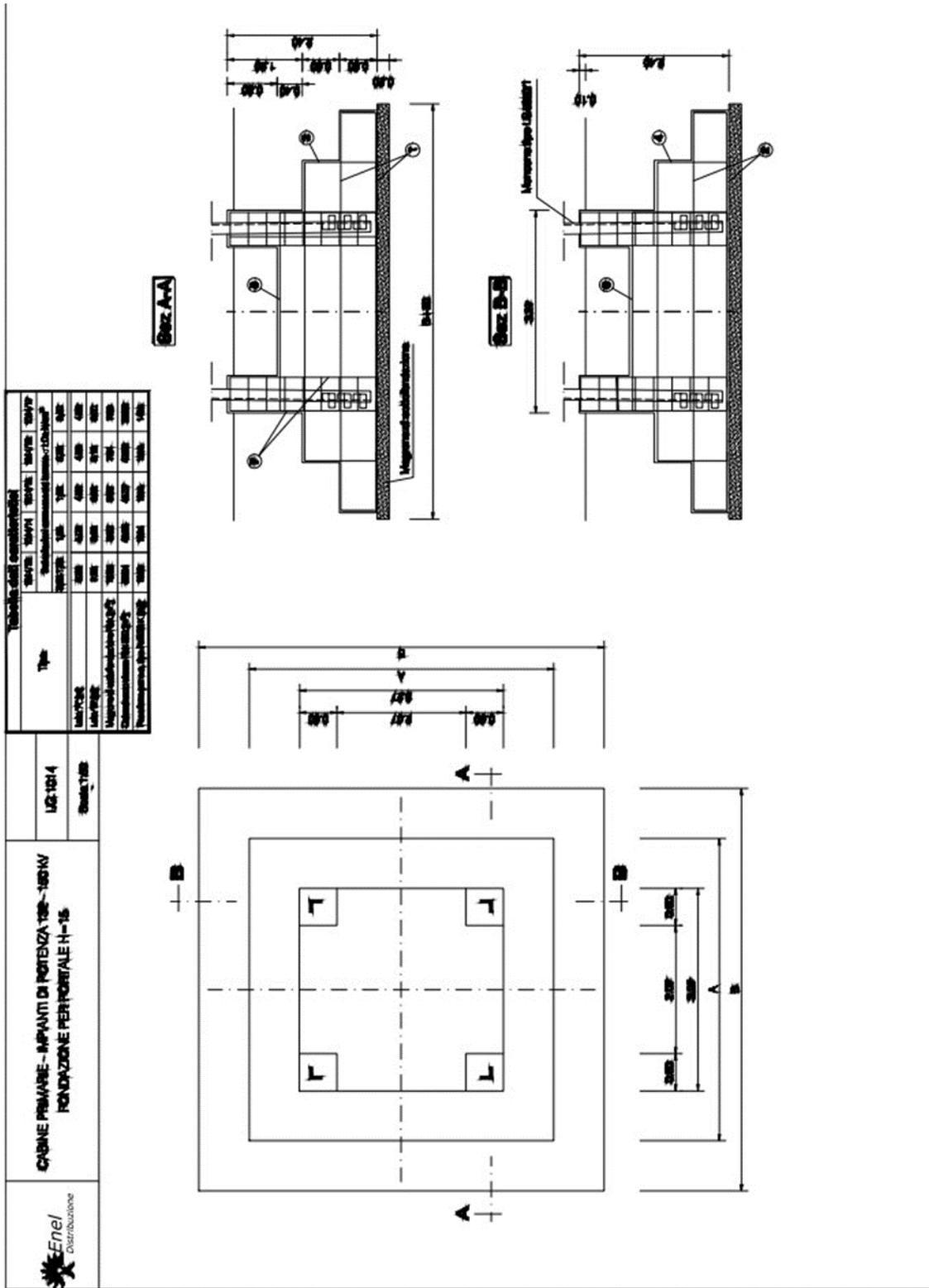
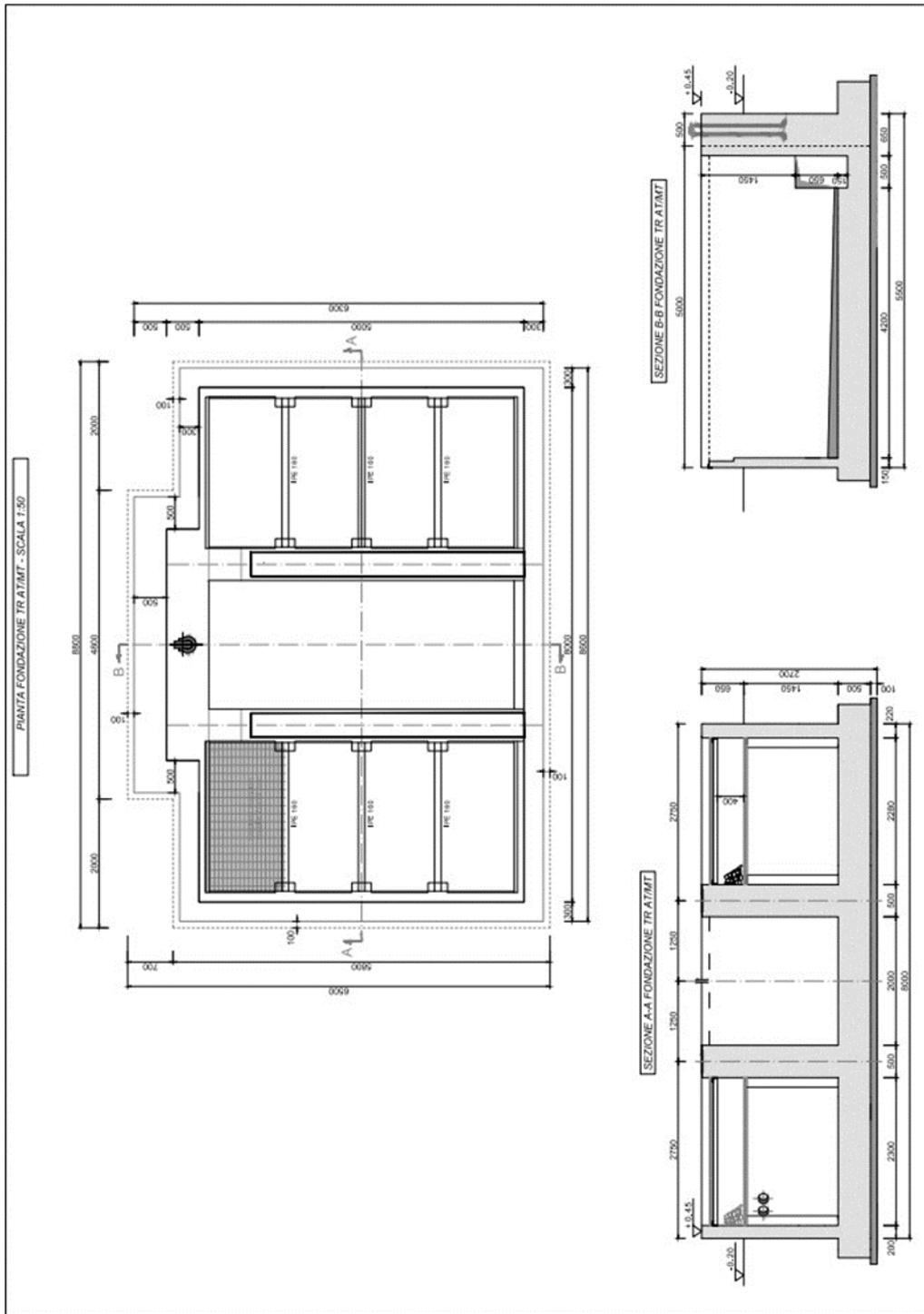


Tabella dati commerciali	
Tipi	Quantità
1001	1
1002	1
1003	1
1004	1
1005	1
1006	1
1007	1
1008	1
1009	1
1010	1
1011	1
1012	1
1013	1
1014	1
1015	1
1016	1
1017	1
1018	1
1019	1
1020	1
1021	1
1022	1
1023	1
1024	1
1025	1
1026	1
1027	1
1028	1
1029	1
1030	1
1031	1
1032	1
1033	1
1034	1
1035	1
1036	1
1037	1
1038	1
1039	1
1040	1
1041	1
1042	1
1043	1
1044	1
1045	1
1046	1
1047	1
1048	1
1049	1
1050	1
1051	1
1052	1
1053	1
1054	1
1055	1
1056	1
1057	1
1058	1
1059	1
1060	1
1061	1
1062	1
1063	1
1064	1
1065	1
1066	1
1067	1
1068	1
1069	1
1070	1
1071	1
1072	1
1073	1
1074	1
1075	1
1076	1
1077	1
1078	1
1079	1
1080	1
1081	1
1082	1
1083	1
1084	1
1085	1
1086	1
1087	1
1088	1
1089	1
1090	1
1091	1
1092	1
1093	1
1094	1
1095	1
1096	1
1097	1
1098	1
1099	1
1100	1

1001	1
1002	1
1003	1
1004	1
1005	1
1006	1
1007	1
1008	1
1009	1
1010	1
1011	1
1012	1
1013	1
1014	1
1015	1
1016	1
1017	1
1018	1
1019	1
1020	1
1021	1
1022	1
1023	1
1024	1
1025	1
1026	1
1027	1
1028	1
1029	1
1030	1
1031	1
1032	1
1033	1
1034	1
1035	1
1036	1
1037	1
1038	1
1039	1
1040	1
1041	1
1042	1
1043	1
1044	1
1045	1
1046	1
1047	1
1048	1
1049	1
1050	1
1051	1
1052	1
1053	1
1054	1
1055	1
1056	1
1057	1
1058	1
1059	1
1060	1
1061	1
1062	1
1063	1
1064	1
1065	1
1066	1
1067	1
1068	1
1069	1
1070	1
1071	1
1072	1
1073	1
1074	1
1075	1
1076	1
1077	1
1078	1
1079	1
1080	1
1081	1
1082	1
1083	1
1084	1
1085	1
1086	1
1087	1
1088	1
1089	1
1090	1
1091	1
1092	1
1093	1
1094	1
1095	1
1096	1
1097	1
1098	1
1099	1
1100	1

<b>Progetto:</b>	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 FOGGIA E MANFREDONIA (FG), DENOMINATO "TAVERNOLA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 49,66 MWP, POTENZA A.C. 45 MW, ACCUMULO PARI A 10 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 55 MW				
<b>Oggetto:</b>	RELAZIONE CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE				
<b>Committente:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.				
<b>Data:</b>	06/2022	<b>Revisione:</b>	1.0		<b>Cod. doc.:</b>

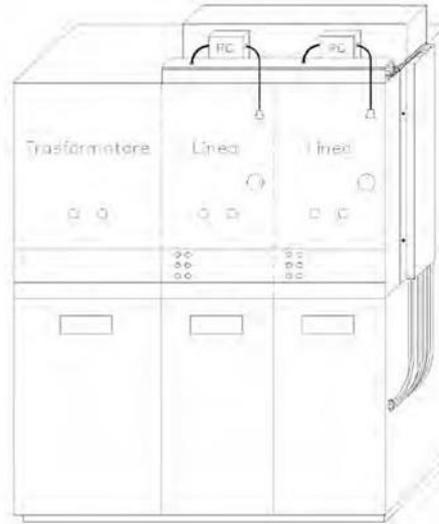


<b>Subject:</b>	Progetto Agrivoltaico "TAVERNOLA" -Potenza in Immissione 55 MW con accumulo da 10 MW	<b>Project Code:</b>	ITOPW004.071024
<b>Document Title</b>	Relazione calcoli preliminari strutture	<b>Date:</b>	JUNE 2022
<b>Client:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.	<b>Page:</b>	59

<b>Progetto:</b>	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 FOGGIA E MANFREDONIA (FG), DENOMINATO "TAVERNOLA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 49,66 MWP, POTENZA A.C. 45 MW, ACCUMULO PARI A 10 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 55 MW				
<b>Oggetto:</b>	RELAZIONE CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE				
<b>Committente:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.				
<b>Data:</b>	06/2022	<b>Revisione:</b>	1.0		<b>Cod. doc.:</b>

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

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

<b>Subject:</b>	Progetto Agrivoltaico "TAVERNOLA" -Potenza in Immissione 55 MW con accumulo da 10 MW	<b>Project Code:</b>	IT0PW004.071024
<b>Document Title</b>	Relazione calcoli preliminari strutture	<b>Date:</b>	JUNE 2022
<b>Client:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.	<b>Page:</b>	60

<b>Progetto:</b>	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 FOGGIA E MANFREDONIA (FG), DENOMINATO "TAVERNOLA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 49,66 MWP, POTENZA A.C. 45 MW, ACCUMULO PARI A 10 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 55 MW				
<b>Oggetto:</b>	RELAZIONE CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE				
<b>Committente:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.				
<b>Data:</b>	06/2022	<b>Revisione:</b>	1.0		<b>Cod. doc.:</b>

 <b>Enel</b> L'ENERGIA CHE TI ASCOLTA. <b>Enel Distribuzione</b>	<b>SPECIFICA DI COSTRUZIONE</b>	
	<b>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</b>  Sigla designazione cavi: <b>ARE4H5EX    ARP1H5EX</b>	<b>DC 4385</b> 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 <sup>2</sup> )	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 )**

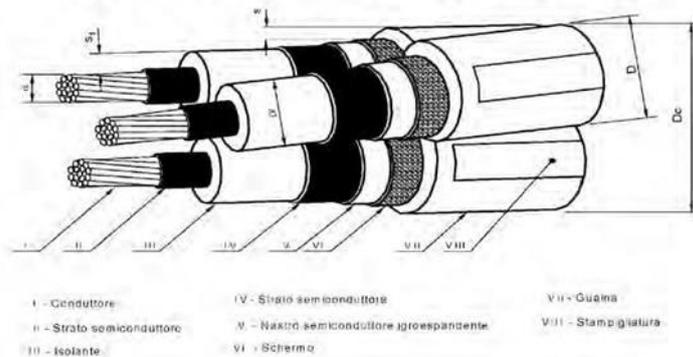


Fig. 1

DC4385

Il Progettista

<b>Subject:</b>	Progetto Agrivoltaico "TAVERNOLA" -Potenza in Immissione 55 MW con accumulo da 10 MW	<b>Project Code:</b>	ITOPW004.071024
<b>Document Title</b>	Relazione calcoli preliminari strutture	<b>Date:</b>	JUNE 2022
<b>Client:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.	<b>Page:</b>	61

<b>Progetto:</b>	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 FOGGIA E MANFREDONIA (FG), DENOMINATO "TAVERNOLA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 49,66 MWP, POTENZA A.C. 45 MW, ACCUMULO PARI A 10 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 55 MW				
<b>Oggetto:</b>	RELAZIONE CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE				
<b>Committente:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.				
<b>Data:</b>	06/2022	<b>Revisione:</b>	1.0	<b>Cod. doc.:</b>	

## INDICE DELLE FIGURE

Figura 1: Rappresentazione del tracciato degli elettrodotti su base Ortofoto .....	<b>Errore. Il segnalibro non è definito.</b>
Figura 1: Schema della struttura - sezione .....	6
Figura 2: Schema della struttura - viste .....	7
Figura 3: Esempio di modello realizzato con CDSWIN 2018.....	8
Figura 4: Scheda pannello .....	10
Figura 5: Dettaglio profili strutture .....	21
Figura 6: Modello tridimensionale .....	22
Figura 7: Diagramma sollecitazioni Mx My Comb1 .....	22
Figura 8: Diagramma sollecitazioni Mx My Comb2 (vento).....	23
Figura 9: Diagramma spostamenti Comb2 (vento) .....	23
Figura 10: Classificazione sezioni .....	24
Figura 11: Cabine elettriche .....	27
Figura 12: Modello 3D .....	29
Figura 13: Modellazione elementi finiti.....	29
Figura 14: Valutazione degli spostamenti massimi .....	30
Figura 15: Valutazione degli spostamenti massimi .....	30
Figura 16: Sollecitazioni elementi shell.....	30
Figura 17: Modello strutturale 3D .....	31
Figura 18: Pressioni terreno .....	31
Figura 19: Stato tensionale ideale.....	32
Figura 20: Stato deformativo .....	32
Figura 21: Schema per il calcolo della capacità portante di un palo isolato.....	36
Figura 22: Valori del coefficiente $\alpha$ .....	37

<b>Subject:</b>	Progetto Agrivoltaico "TAVERNOLA" -Potenza in Immissione 55 MW con accumulo da 10 MW	<b>Project Code:</b>	IT0PW004.071024
<b>Document Title</b>	Relazione calcoli preliminari strutture	<b>Date:</b>	JUNE 2022
<b>Client:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.	<b>Page:</b>	62

<b>Progetto:</b>	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 FOGGIA E MANFREDONIA (FG), DENOMINATO "TAVERNOLA" E AVENTE POTENZA MODULI PARI A 49,66 MWP, POTENZA A.C. 45 MW, ACCUMULO PARI A 10 MW E POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE PARI A 55 MW			
<b>Oggetto:</b>	RELAZIONE CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE			
<b>Committente:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.			
<b>Data:</b>	06/2022	<b>Revisione:</b>	1.0	<b>Cod. doc.:</b> IT0PW004.PD.01.REL.VIA2_2.RCPS

## INDICE DELLE TABELLE

Tabella 1: Dati geografici di progetto .....	<b>Errore. Il segnalibro non è definito.</b>
Tabella 2: Dati catastali di progetto .....	5

<b>Subject:</b>	Progetto Agrivoltaico "TAVERNOLA" -Potenza in Immissione 55 MW con accumulo da 10 MW	<b>Project Code:</b>	IT0PW004.071024
<b>Document Title</b>	Relazione calcoli preliminari strutture	<b>Date:</b>	JUNE 2022
<b>Client:</b>	AMBRA SOLARE 7 S.r.l.	<b>Page:</b>	63