

**REGIONE PUGLIA**  
**Comune di Francavilla Fontana**  
**Provincia di Brindisi**



**PROGETTO DEFINITIVO**

PROGETTO PER LA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DELL'IMPIANTO DI PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA DA FONTE FOTOVOLTAICA CON ASSOCIATO IMPIANTO AGRICOLO (AGRIVOLTAICO) E DELLE RELATIVE OPERE ED INFRASTRUTTURE CONNESSE DELLA POTENZA NOMINALE MASSIMA DI 80239 KW E DELLA POTENZA NOMINALE IN A.C. PARI A 65800 KW SITO NEL COMUNE DI FRANCAVILLA FONTANA (BR) CON OPERE DI CONNESSIONE RICADENTI ANCHE NEI COMUNI DI GROTTAGLIE (TA) E TARANTO (TA)

TITOLO TAVOLA

**CALCOLI PRELIMINARI SULLE STRUTTURE**

PROGETTAZIONE	PROPONENTE	SPAZIO RISERVATO AGLI ENTI
<p>PROGETTISTI Ing. Nicola ROSELLI  Ing. Rocco SALOME </p> <p>PROGETTISTI PARTI ELETTRICHE Per. Ind. Alessandro CORTI</p> <p>CONSULENZE E COLLABORAZIONI Arch Gianluca DI DONATO Ambiti archeologici - CAST s.r.l. Dott. Massimo MACCHIAROLA Ing Elvio MURETTA Geol. Vito PLESCIA</p>	<p><b>FRANCAVILLA 1 SOLAR S.R.L.</b> SEDE LEGALE MILANO (MI), cap 20131 via Abruzzi n° 94 P.IVA 16318271000</p>	

**4.2.11\_1**

FILE  
EQWE434\_4.2.11\_1\_CalcoliPreliminariStrutture

CODICE PROGETTO  
EQWE434

SCALA

REVISIONE	DATA	DESCRIZIONE REVISIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
A	07/07/2022	EMISSIONE	ROSELLI	FRANCAVILLA1SOLARSRL	FRANCAVILLA1SOLARSRL
B	04/10/2023	REVISIONE	ROSELLI	FRANCAVILLA1SOLARSRL	FRANCAVILLA1SOLARSRL
C	DATA				
D	DATA				
E	DATA				
F	DATA				

	<p>Impianto agrivoltaico con fotovoltaico a terra del tipo a inseguimento solare da ubicare nel Comune di Francavilla Fontana (Provincia di Brindisi)</p> <p>Ditta Proponente: Francavilla 1 Solar s.r.l.</p>	
--	---	--

<b><u>A.01.A PREMESSA</u></b> .....	<b>2</b>
<b><u>A.01.B NORMATIVA DI RIFERIMENTO</u></b> .....	<b>3</b>
<b><u>A.01.C METODI DI CALCOLO</u></b> .....	<b>3</b>
<u>A.01.C.1 Misure sulla sicurezza</u> .....	3
<u>A.01.C.2 Modelli di calcolo</u> .....	4
<u>A.01.C.3 Azioni sulla costruzione – Azioni ambientali e naturali</u> .....	6
<u>A.01.C.4 Azioni sulla costruzione – Destinazioni d’uso e sovraccarichi per le azioni antropiche</u>	7
<u>A.01.C.5 Azioni sulla costruzione – Azione sismica</u> .....	8
<u>A.01.C.6 Azioni sulla costruzione – Azione dovuta al vento</u> .....	11
<u>A.01.C.7 Azioni sulla costruzione – Azione dovuta alla temperatura</u> .....	17
<u>A.01.C.8 Azioni sulla costruzione – Neve</u> .....	17
<u>A.01.C.9 Combinazioni di carico</u> .....	18
<u>A.01.C.10 Durabilità</u> .....	20
<u>A.01.C.11 Prestazioni attese al collaudo</u> .....	20
<b><u>A.01.D CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA DEI TERRENI</u></b> .....	<b>21</b>
<b><u>A.01.E STRUTTURE DI SOSTEGNO DEI MODULI FOTOVOLTAICI</u></b> .....	<b>21</b>
<b><u>A.01.G CABINE ELETTRICHE E VANI TECNICI</u></b> .....	<b>25</b>
<b><u>A.01.H PALI D’ILLUMINAZIONE E VIDEOSORVEGLIANZA</u></b> .....	<b>27</b>
<b><u>A.01.I RECINZIONE E CANCELLI</u></b> .....	<b>27</b>
<b><u>A.01.L PIASTRE DI FONDAZIONE</u></b> .....	<b>29</b>
<u>A.01.1.1 Verifiche geotecniche</u> .....	29
<u>A.01.1.2 Metodologie di calcolo</u> .....	29
<u>A.01.1.3 Definizione delle azioni elementari</u> .....	29
<u>A.01.1.4 Verifiche strutturali</u> .....	30
<b><u>A.02 CONCLUSIONI</u></b> .....	<b>30</b>
<b><u>A.03 CALCOLI STRUTTURALI - PREDIMENSIONAMENTO</u></b> .....	<b>31</b>

	<b>Impianto agrivoltaico con fotovoltaico a terra del tipo a inseguimento solare da ubicare nel Comune di Francavilla Fontana (Provincia di Brindisi)</b>  <b>Ditta Proponente: Francavilla 1 Solar s.r.l.</b>	
--	--	--

## **A.01.A PREMESSA**

La presente relazione, si riferisce alle modalità di messa in opera delle cabine elettriche, delle strutture portamoduli, dei supporti delle apparecchiature elettromeccaniche, previste nell'ambito della realizzazione di una centrale fotovoltaica e delle relative opere ed infrastrutture connesse e necessarie da realizzarsi a Francavilla Fontana (BR).

Tutta la progettazione è stata sviluppata utilizzando tecnologie ad oggi disponibili sul mercato europeo; considerando che la tecnologia fotovoltaica è in rapido sviluppo, dal momento della progettazione definitiva alla realizzazione potranno cambiare le tecnologie e le caratteristiche delle componenti principali (moduli fotovoltaici, inverter, strutture di supporto), ma resteranno invariate le caratteristiche complessive e principali dell'intero impianto in termini di potenza massima di produzione, occupazione del suolo e fabbricati.

L'Area oggetto dell'intervento e, precisamente, del campo fotovoltaico e impianto agricolo annesso è ubicata geograficamente a Sud-Ovest del centro abitato del Comune di Francavilla Fontana. Le coordinate geografiche del sito sono: Lat. 40.504408°, Long. 17.511569°.

Il parco fotovoltaico, mediante un elettrodotto interrato a 36 KV della lunghezza di circa 8,5 km uscente dalla cabina d'impianto, sarà allacciato nel comune di Taranto (TA), alla Rete di Trasmissione Nazionale (RTN) in antenna a 36 kV su una futura Stazione Elettrica (SE) di trasformazione della RTN da inserire in entra-esce alla linea 380 kV "Erchie 380 – Taranto N2".

SIGLA	REV	DESCRIZIONE	Data	Pag.	TOT.
	1	CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE	<b>04/10/2023</b>	<b>2</b>	<b>82</b>

	<b>Impianto agrivoltaico con fotovoltaico a terra del tipo a inseguimento solare da ubicare nel Comune di Francavilla Fontana (Provincia di Brindisi)</b>  <b>Ditta Proponente: Francavilla 1 Solar s.r.l.</b>	
--	--	--

## **A.01.B NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

L'analisi delle strutture e le verifiche sugli elementi saranno condotte in accordo alle vigenti disposizioni legislative ed in particolare delle seguenti norme:

- Legge n.1086 del 05/11/71 - Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica.
- Legge n.64 del 02/02/74 - Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.
- D.M. del 17/01/18 - Norme tecniche per le costruzioni (2018).
- C.M. n.7 del 19/01/2019 - Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni.
- Eurocodice 2 "Progettazione delle strutture di calcestruzzo".
- Eurocodice 3 "Progettazione delle strutture di acciaio".
- Eurocodice 8 "Progettazione delle strutture per la resistenza sismica".

Saranno eseguite tutte le verifiche richieste dalle NTC18 per le costruzioni in assenza e in presenza di sisma, utilizzando il metodo degli stati limite.

## **A.01.C METODI DI CALCOLO**

I metodi di calcolo adottati per il calcolo saranno 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.

### **A.01.C.1 Misure sulla sicurezza**

Il metodo di verifica della sicurezza che sarà adottato è quello degli Stati Limite (SL) che prevede due insiemi di verifiche rispettivamente per gli stati limite ultimi S.L.U. e gli stati limite di esercizio S.L.E..

SIGLA	REV	DESCRIZIONE	Data	Pag.	TOT.
	1	CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE	<b>04/10/2023</b>	<b>3</b>	<b>82</b>

	<b>Impianto agrivoltaico con fotovoltaico a terra del tipo a inseguimento solare da ubicare nel Comune di Francavilla Fontana (Provincia di Brindisi)</b>  <b>Ditta Proponente: Francavilla 1 Solar s.r.l.</b>	
--	--	--

La sicurezza viene quindi garantita progettando i vari elementi resistenti in modo da assicurare che la loro resistenza di calcolo sia sempre maggiore della corrispondente domanda in termini di azioni di calcolo.

Le norme precisano che la sicurezza e le prestazioni di una struttura o di una parte di essa devono essere valutate in relazione all'insieme degli stati limite che verosimilmente si possono verificare durante la vita normale.

Prescrivono inoltre che debba essere assicurata una robustezza nei confronti di azioni eccezionali.

La sicurezza e le prestazioni saranno garantite verificando gli opportuni stati limiti definiti di concerto al Committente in funzione dell'utilizzo della struttura, della sua vita nominale e di quanto stabilito dalle norme di cui al D.M. 17/01/2018 e successive modifiche ed integrazioni.

In particolare sarà verificata:

- la sicurezza nei riguardi degli stati limite ultimi (S.L.U.) che possono provocare eccessive deformazioni permanenti, crolli parziali o globali, dissesti, che possono compromettere l'incolumità delle persone e/o la perdita di beni, provocare danni ambientali e sociali, mettere fuori servizio l'opera. Per le verifiche saranno utilizzati i coefficienti parziali relativi alle azioni ed alle resistenze dei materiali in accordo a quanto previsto dal D.M. 17/01/2018 per i vari tipi di materiale.
- la sicurezza nei riguardi degli stati limite di esercizio (S.L.E.) che possono limitare nell'uso e nella durata l'utilizzo della struttura per le azioni di esercizio.
- la sicurezza nei riguardi dello stato limite del danno (S.L.D.) causato da azioni sismiche con opportuni periodi di ritorno definiti di concerto al committente ed alle norme vigenti per le costruzioni in zona sismica;
- la robustezza nei confronti di opportune azioni accidentali in modo da evitare danni sproporzionati in caso di incendi, urti, esplosioni, errori umani.

### **A.01.C.2 Modelli di calcolo**

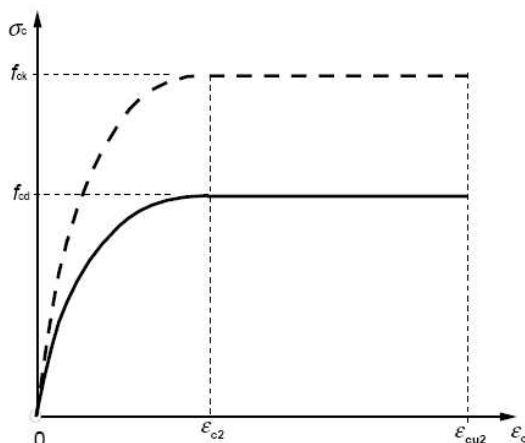
Saranno utilizzati come modelli di calcolo quelli esplicitamente richiamati nel D.M. 17/01/2018.

**Per quanto riguarda le azioni sismiche ed in particolare per la determinazione del fattore di struttura, dei dettagli costruttivi e le prestazioni sia agli S.L.U. che allo S.L.D. si fa riferimento al D.M. 17/01/18 e alla circolare del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 21 gennaio 2019, n. 7 la quale è stata utilizzata come norma di dettaglio.**

SIGLA	REV	DESCRIZIONE	Data	Pag.	TOT.
	1	CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE	<b>04/10/2023</b>	<b>4</b>	<b>82</b>

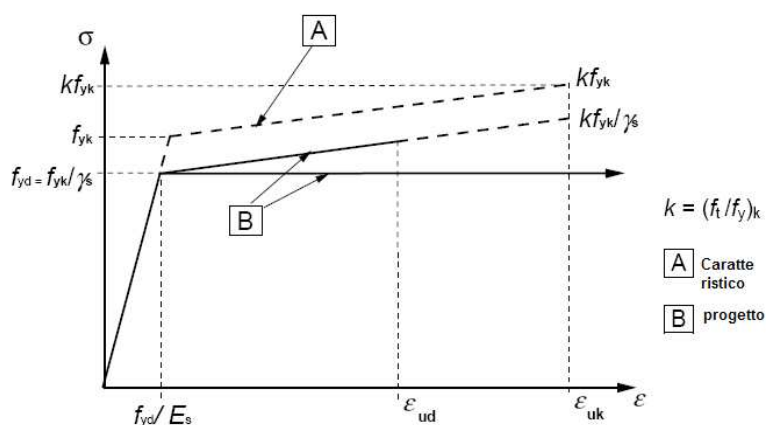
	<b>Impianto agrivoltaico con fotovoltaico a terra del tipo a inseguimento solare da ubicare nel Comune di Francavilla Fontana (Provincia di Brindisi)</b>  <b>Ditta Proponente: Francavilla 1 Solar s.r.l.</b>	
--	--	--

Per le verifiche sezionali i legami utilizzati sono:



**Legame costitutivo di progetto parabola-rettangolo per il calcestruzzo.**

Il valore  $\epsilon_{cu2}$  nel caso di analisi non lineari sarà valutato in funzione dell'effettivo grado di confinamento esercitato dalle staffe sul nucleo di calcestruzzo.



**Legame costitutivo di progetto elastico perfettamente plastico o incrudente a duttilità limitata per l'acciaio.**

- legame rigido plastico per le sezioni in acciaio di classe 1 e 2 e elastico lineare per quelle di classe 3 e 4.

SIGLA	REV	DESCRIZIONE	Data	Pag.	TOT.
	1	CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE	04/10/2023	5	82

	<b>Impianto agrivoltaico con fotovoltaico a terra del tipo a inseguimento solare da ubicare nel Comune di Francavilla Fontana (Provincia di Brindisi)</b>  <b>Ditta Proponente: Francavilla 1 Solar s.r.l.</b>	
--	--	--

Il modello di calcolo utilizzato risulterà rappresentativo della realtà fisica per la configurazione finale anche in funzione delle modalità e sequenze costruttive.

### **A.01.C.3 Azioni sulla costruzione – Azioni ambientali e naturali**

Si stabilisce che le prestazioni attese nei confronti delle azioni sismiche siano verificate agli stati limite, sia di esercizio che ultimi individuati riferendosi alle prestazioni della costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e gli impianti.

Gli stati limite di esercizio sono:

- Stato Limite di Operatività (S.L.O.)
- Stato Limite di Danno (S.L.D.)

Gli stati limite ultimi sono:

- Stato Limite di salvaguardia della Vita (S.L.V.)
- Stato Limite di prevenzione del Collasso (S.L.C.)

Le probabilità di superamento nel periodo di riferimento  $P_{VR}$ , cui riferirsi per individuare l'azione sismica agente in ciascuno degli stati limite considerati, sono riportate nella successiva tabella:

Stati Limite $P_{VR}$ :		Probabilità di superamento nel periodo di riferimento $V_R$
Stati limite di esercizio	SLO	81%
	SLD	63%
Stati limite ultimi	SLV	10%
	SLC	5%

Per la definizione delle forme spettrali (spettri elastici e spettri di progetto), in conformità ai dettami del D.M. 17/01/2018 § 3.2.3. sono stati definiti i seguenti termini:

- Vita Nominale del fabbricato;
- Classe d'Uso del fabbricato;
- Categoria del Suolo;
- Coefficiente Topografico;
- Latitudine e Longitudine del sito oggetto di edificazione.

SIGLA	REV	DESCRIZIONE	Data	Pag.	TOT.
	1	CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE	<b>04/10/2023</b>	<b>6</b>	<b>82</b>

	<b>Impianto agrivoltaico con fotovoltaico a terra del tipo a inseguimento solare da ubicare nel Comune di Francavilla Fontana (Provincia di Brindisi)</b>  <b>Ditta Proponente: Francavilla 1 Solar s.r.l.</b>	
--	--	--

Le verifiche delle prestazioni saranno effettuate per le azioni derivanti dalla neve, dal vento e dalla temperatura secondo quanto previsto dal cap. 3 del D.M. 17/01/18 e dalla Circolare del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 21 gennaio 2019 n. 7 per un periodo di ritorno coerente alla classe della struttura ed alla sua vita utile.

Nel nostro caso avremo:

### **PESO PROPRIO DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI**

Il peso proprio degli elementi strutturali è stato valutato come prodotto del volume dell'elemento strutturale stesso per il proprio peso specifico. In particolare, sono stati utilizzati i seguenti pesi specifici:

calcestruzzo armato: 2.500 kg/m<sup>3</sup>

acciaio: 7.850 kg/m<sup>3</sup>

### **CARICHI PERMANENTI NON STRUTTURALI**

In questa tipologia sono considerati i carichi non rimovibili durante il normale esercizio della costruzione, valutati sulla base delle dimensioni effettive delle opere e dei pesi dell'unità di volume dei materiali costituenti. Ove presenti sono stati utilizzati i pesi elencati nella tabella 3.1.I del par. 3.1.2 delle NTC 2018. Ricadono in questa tipologia i pesi propri delle apparecchiature e delle strutture prefabbricate.

## **A.01.C.4 Azioni sulla costruzione – Destinazioni d'uso e sovraccarichi per le azioni antropiche**

Per la determinazione dell'entità e della distribuzione spaziale e temporale dei sovraccarichi variabili si farà riferimento alla tabella del D.M. 17/01/2018 in funzione della destinazione d'uso.

I carichi variabili comprendono i carichi legati alla destinazione d'uso dell'opera; i modelli di tali azioni possono essere costituiti da:

- carichi verticali uniformemente distribuiti      qk [kN/m<sup>2</sup>]
- carichi verticali concentrati                      Qk [kN]
- carichi orizzontali lineari                          Hk [kN/m]

SIGLA	REV	DESCRIZIONE	Data	Pag.	TOT.
	1	CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE	<b>04/10/2023</b>	<b>7</b>	<b>82</b>



	<b>Impianto agrivoltaico con fotovoltaico a terra del tipo a inseguimento solare da ubicare nel Comune di Francavilla Fontana (Provincia di Brindisi)</b>  <b>Ditta Proponente: Francavilla 1 Solar s.r.l.</b>	
--	--	--

In presenza di carichi verticali concentrati essi saranno applicati su impronte di carico appropriate all'utilizzo ed alla forma dello orizzontamento.

#### **A.01.C.5 Azioni sulla costruzione – Azione sismica**

Ai fini delle N.T.C. 2018 l'azione sismica è caratterizzata da 3 componenti traslazionali, due orizzontali contrassegnate da X ed Y ed una verticale contrassegnata da Z, da considerare tra di loro indipendenti. Le componenti possono essere descritte, in funzione del tipo di analisi adottata, mediante una delle seguenti rappresentazioni:

- accelerazione massima attesa in superficie;
- accelerazione massima e relativo spettro di risposta attesi in superficie;
- accelerogramma.

l'azione in superficie è stata assunta come agente su tali piani.

Le due componenti ortogonali indipendenti che descrivono il moto orizzontale sono caratterizzate dallo stesso spettro di risposta. L'accelerazione massima e lo spettro di risposta della componente verticale attesa in superficie sono determinati sulla base dell'accelerazione massima e dello spettro di risposta delle due componenti orizzontali.

In allegato alle N.T.C. 2018, per tutti i siti considerati, sono forniti i valori dei precedenti parametri di pericolosità sismica necessari per la determinazione delle azioni sismiche.

Il territorio comunale di Francavilla Fontana (BR) non era classificato sismico ai sensi del D.M.19.03.1982. L'Ordinanza P.C.M. n.3274 del 23.03.2003 riclassifica l'intero territorio nazionale e in tale quadro il territorio del Comune di Francavilla Fontana (BR) viene classificato in zona sismica 4 (zona meno pericolosa – bassa sismicità). Si riporta la tabella ove ciascuna zona è individuata secondo valori di accelerazione di picco orizzontale del suolo ag, con probabilità di superamento del 10% in 50 anni.

SIGLA	REV	DESCRIZIONE	Data	Pag.	TOT.
	1	CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE	<b>04/10/2023</b>	<b>8</b>	<b>82</b>

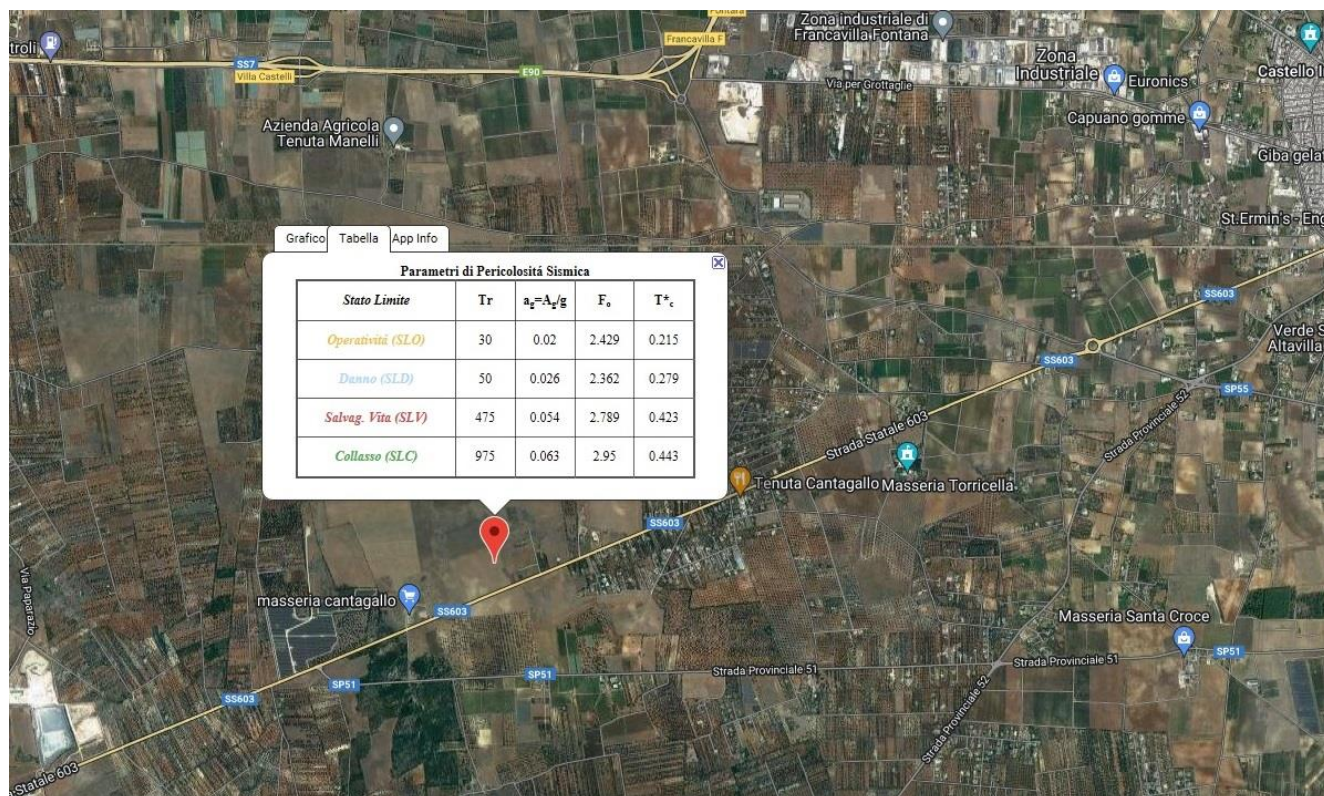
	<b>Impianto agrivoltaico con fotovoltaico a terra del tipo a inseguimento solare da ubicare nel Comune di Francavilla Fontana (Provincia di Brindisi)</b>  <b>Ditta Proponente: Francavilla 1 Solar s.r.l.</b>	
--	--	--

<i>Zona sismica</i>	<i>Descrizione</i>	<i>accelerazione con probabilità di superamento del 10% in 50 anni [a<sub>g</sub>]</i>	<i>accelerazione orizzontale massima convenzionale (Norme Tecniche) [a<sub>g</sub>]</i>	<i>numero comuni con territori ricadenti nella zona (*)</i>
1	Indica la zona più pericolosa, dove possono verificarsi fortissimi terremoti.	$a_g > 0,25 \text{ g}$	0,35 g	703
2	Zona dove possono verificarsi forti terremoti.	$0,15 < a_g \leq 0,25 \text{ g}$	0,25 g	2.224
3	Zona che può essere soggetta a forti terremoti ma rari.	$0,05 < a_g \leq 0,15 \text{ g}$	0,15 g	3.002
4	E' la zona meno pericolosa, dove i terremoti sono rari ed è facoltà delle Regioni prescrivere l'obbligo della progettazione antisismica.	$a_g \leq 0,05 \text{ g}$	0,05 g	1.982

SIGLA	REV	DESCRIZIONE	Data	Pag.	TOT.
	1	CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE	<b>04/10/2023</b>	<b>9</b>	<b>82</b>

**Impianto agrivoltaico con fotovoltaico a terra del tipo a inseguimento solare da ubicare nel Comune di Francavilla Fontana (Provincia di Brindisi)**

**Ditta Proponente: Francavilla 1 Solar s.r.l.**



*Parametri di pericolosità sismica*

Le azioni di progetto si ricavano dalle accelerazioni  $a_g$  e dalle relative forme spettrali. Le forme spettrali previste dalle NTC sono definite, su sito di riferimento rigido orizzontale, in funzione dei tre parametri:

- $a_g$  accelerazione orizzontale massima del terreno;
- $F_0$  valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- $T^*c$  periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Le forme spettrali previste dalle NTC sono caratterizzate da prescelte probabilità di superamento e vite di riferimento. A tal fine occorre fissare:

- la vita di riferimento  $VR$  della costruzione,
- le probabilità di superamento nella vita di riferimento  $PVR$  associate a ciascuno degli stati limite considerati, per individuare infine, a partire dai dati di pericolosità sismica disponibili, le corrispondenti azioni sismiche.

Nel presente progetto, l'azione sismica è stata valutata tenendo conto dei seguenti parametri:

SIGLA	REV	DESCRIZIONE	Data	Pag.	TOT.
	1	CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE	<b>04/10/2023</b>	<b>10</b>	<b>82</b>

	<b>Impianto agrivoltaico con fotovoltaico a terra del tipo a inseguimento solare da ubicare nel Comune di Francavilla Fontana (Provincia di Brindisi)</b>  <b>Ditta Proponente: Francavilla 1 Solar s.r.l.</b>	
--	--	--

coordinate del reticolo di riferimento (ED50):

Longitudine = 17.513084°

Latitudine = 40.504809°

- classe d'uso: Quarta (Punto 2.4.2 del D.M. 17/01/2018);
- vita nominale 50 anni (Punto 2.4.1 del D.M. 17/01/2018);
- categoria di suolo: B;
- categoria topografica: T1 (Tabella 3.2.III del D.M. 17/01/2018);
- coefficiente di condizione topografica: 1,0 (Tabella 3.2.V del D.M. 17/01/2018).

#### **A.01.C.6 Azioni sulla costruzione – Azione dovuta al vento**

Le azioni del vento sono state determinate in conformità al §3.3 del D.M. 17/01/18 e della Circolare del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 21 gennaio 2019 n. 7. Si precisa che tali azioni hanno valenza significativa in caso di strutture di elevata snellezza e con determinate caratteristiche tipologiche come ad esempio le strutture in acciaio.

Il vento, la cui direzione si considera generalmente orizzontale, esercita sulle costruzioni azioni che variano nel tempo e nello spazio provocando, in generale, effetti dinamici. Per le costruzioni usuali tali azioni sono convenzionalmente ricondotte a delle forze statiche equivalenti, calcolate come di seguito si riporta.

Le azioni statiche del vento sono costituite da pressioni e depressioni agenti normalmente alle superfici, sia esterne che interne, degli elementi che compongono la costruzione. L'azione del vento sul singolo elemento viene determinata considerando la combinazione più gravosa della pressione agente sulla superficie esterna e della pressione agente sulla superficie interna dell'elemento.

L'azione d'insieme esercitata dal vento su una costruzione è data dalla risultante delle azioni sui singoli elementi, considerando come direzione del vento, quella corrispondente ad uno degli assi principali della pianta della costruzione.

La pressione del vento è data dalla seguente espressione:

$$p = q_r \cdot c_e \cdot c_p \cdot c_d$$

dove:

- $q_r$  è la pressione cinetica di riferimento, valutata secondo il punto 3.3.6 del D.M. 17/01/2018;

SIGLA	REV	DESCRIZIONE	Data	Pag.	TOT.
	1	CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE	<b>04/10/2023</b>	<b>11</b>	<b>82</b>

	<b>Impianto agrivoltaico con fotovoltaico a terra del tipo a inseguimento solare da ubicare nel Comune di Francavilla Fontana (Provincia di Brindisi)</b>  <b>Ditta Proponente: Francavilla 1 Solar s.r.l.</b>	
--	--	--

ce è il coefficiente di esposizione, valutata secondo il punto 3.3.7 del D.M. 17/01/2018;

- cp è il coefficiente di pressione, funzione della tipologia e della geometria della costruzione e del suo orientamento rispetto alla direzione del vento. Il suo valore può essere ricavato da dati suffragati da opportuna documentazione o da prove sperimentali in galleria del vento;

- cd 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, valutato secondo il punto 3.3.9. del DM 2018.

La pressione cinetica di riferimento  $q_r$  (in N/m<sup>2</sup>) è data dall'espressione:

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

nella quale  $v_r$  è la velocità di riferimento del vento (in m/s) e  $\rho$  è la densità dell'aria assunta convenzionalmente costante e pari a 1,25 kg/m<sup>3</sup>.

La velocità di riferimento  $v_r$  è riferita al periodo di ritorno di progetto.

$$v_r = v_b \cdot c_r$$

Dove

-  $v_b$  è la velocità base di riferimento di cui al par. 3.3.1 del D.M. 17/01/2018;

-  $c_r$  è il coefficiente di ritorno funzione del periodo di ritorno  $T_R$ , in mancanza di specifiche indagini, è deducibile dalla seguente relazione:

$$c_r = 0.75 \sqrt{1 - 0.2 \cdot \ln \left[ -\ln \left( 1 - \frac{1}{T_R} \right) \right]}$$

La velocità di base di riferimento  $v_b$  è il valore medio su 10 minuti, misurata a 10 m dal suolo su un terreno con categoria di esposizione II, riferito ad un periodo di ritorno di 50 anni. In mancanza di adeguate indagini statistiche è data dall'espressione

$$v_b = v_{b,0} \cdot c_a$$

Dove:

-  $v_{b,0}$  è la velocità base al livello del mare, assegnata nella tab. 3.3.I del D.M. 17/01/2018 in funzione della zona della zona in cui sorge la costruzione;

-  $c_a$  è il coefficiente di altitudine fornito dalla seguente relazione

SIGLA	REV	DESCRIZIONE	Data	Pag.	TOT.
	1	CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE	<b>04/10/2023</b>	<b>12</b>	<b>82</b>

	<b>Impianto agrivoltaico con fotovoltaico a terra del tipo a inseguimento solare da ubicare nel Comune di Francavilla Fontana (Provincia di Brindisi)</b>  <b>Ditta Proponente: Francavilla 1 Solar s.r.l.</b>	
--	--	--

$ca = 1$  per  $as \leq a0$

$ca = 1 + ks (as/a0-1)$  per  $a0 < as < 1500$  m

dove:

$a0$ ,  $ks$  sono riportati nella tabella tab. 3.3.I del D.M. 17/01/2018 in funzione della zona ove sorge la costruzione;  $as$  è l'altitudine sul livello del mare (in m s.l.m.) del sito ove sorge la costruzione.

**Tab. 3.3.I -Valori dei parametri  $v_{b,0}$ ,  $a_0$ ,  $k_s$**

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

Nel caso in esame la zona di riferimento ha un'altitudine  $as$  inferiore a 170 m s.l.m. e, in riferimento alla tabella prima riportata ricade all'interno della zona 3; per cui risulta:

$v_{b,0} = 27$  m/s

$a_0 = 500$  m

$ks = 0,37$ .

Pertanto la velocità del vento associata al periodo di ritorno di progetto  $Tr = 50$  anni, per l'altezza del sito esaminato è pari a:

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

La pressione cinetica di riferimento  $q_r$  pertanto è:

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

SIGLA	REV	DESCRIZIONE	Data	Pag.	TOT.
	1	CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE	<b>04/10/2023</b>	<b>13</b>	<b>82</b>

	<b>Impianto agrivoltaico con fotovoltaico a terra del tipo a inseguimento solare da ubicare nel Comune di Francavilla Fontana (Provincia di Brindisi)</b>  <b>Ditta Proponente: Francavilla 1 Solar s.r.l.</b>	
--	--	--

$$q_r = 0,5 \times 1,25 \times 27^2 = 456 \text{ N/mq}$$

Il coefficiente di esposizione  $c_e$  dipende dall'altezza  $z$  sul suolo del punto considerato, dalla topografia del terreno e dalla categoria di esposizione del sito su cui sorge la costruzione.

In assenza di analisi specifiche che tengano in conto la direzione di provenienza del vento e l'effettiva scabrezza e topografia del terreno che circonda la costruzione, per altezze sul suolo non maggiori di  $z = 200$  m, esso è dato dalla formula:

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

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

Dove  $k_r$ ,  $z_0$  e  $z_{\min}$  sono forniti dalle tabelle indicate nelle figure seguenti e sono legate alla categoria del sito dove sorge la costruzione; mentre il valore di  $c_t$  è il coefficiente di topografia assunto normalmente pari ad 1.

SIGLA	REV	DESCRIZIONE	Data	Pag.	TOT.
	1	CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE	<b>04/10/2023</b>	<b>14</b>	<b>82</b>

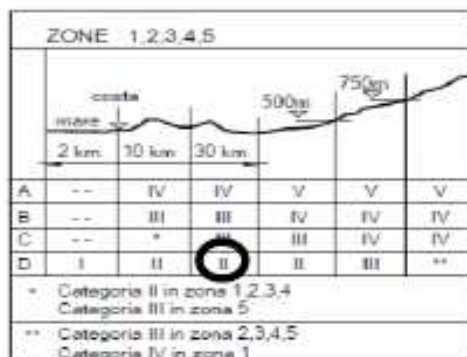


	<b>Impianto agrivoltaico con fotovoltaico a terra del tipo a inseguimento solare da ubicare nel Comune di Francavilla Fontana (Provincia di Brindisi)</b>  <b>Ditta Proponente: Francavilla 1 Solar s.r.l.</b>	
--	--	--

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
<b>D</b>	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).

#### Classe di rugosità del terreno



#### Definizione delle categorie di esposizione

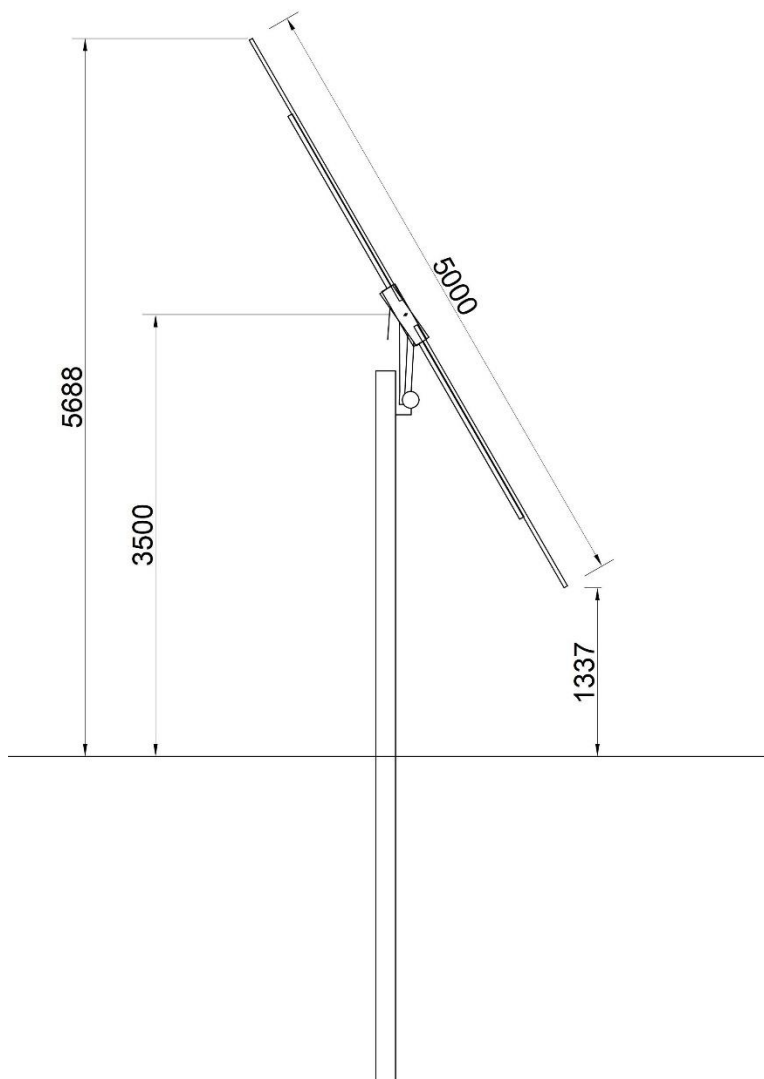
Categoria di esposizione del sito	$k_s$	$z_0$ [m]	$z_{min}$ [m]
I	0,17	0,01	2
<b>II</b>	0,19	0,05	4
III	0,20	0,10	5
IV	0,22	0,30	8
V	0,23	0,70	12

#### Parametri per la definizione del coefficiente di esposizione

SIGLA	REV	DESCRIZIONE	Data	Pag.	TOT.
	1	CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE	<b>04/10/2023</b>	<b>15</b>	<b>82</b>



	<b>Impianto agrivoltaico con fotovoltaico a terra del tipo a inseguimento solare da ubicare nel Comune di Francavilla Fontana (Provincia di Brindisi)</b>  <b>Ditta Proponente: Francavilla 1 Solar s.r.l.</b>	
--	--	--



Particolare sezione tracker

Il coefficiente di esposizione  $C_e$ , per il caso in esame in cui  $z_{max}=5,70m$  si assume:

$$C_e(z_{min}) = k_r^2 c_t \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) \left[7 + c_t \ln\left(\frac{z}{z_0}\right)\right] = 0,19^2 \ln\left(\frac{5,70}{0,05}\right) \left[7 + \ln\left(\frac{5,70}{0,05}\right)\right] = 2,00 \frac{kN}{m^2}$$

SIGLA	REV	DESCRIZIONE	Data	Pag.	TOT.
	1	CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE	04/10/2023	16	82

	<b>Impianto agrivoltaico con fotovoltaico a terra del tipo a inseguimento solare da ubicare nel Comune di Francavilla Fontana (Provincia di Brindisi)</b>  <b>Ditta Proponente: Francavilla 1 Solar s.r.l.</b>	
--	--	--

Il coefficiente dinamico  $c_d$ , con cui si considerano gli effetti riduttivi associati alla non contemporaneità delle massime pressioni locali e degli effetti amplificativi dovuti alle vibrazioni strutturali, si assume pari ad 1.

### **A.01.C.7 Azioni sulla costruzione – Azione dovuta alla temperatura**

E' stato tenuto conto delle variazioni giornaliere e stagionali della temperatura esterna, irraggiamento solare e convezione comportano variazioni della distribuzione di temperatura nei singoli elementi strutturali, con un delta di temperatura di 15° C.

Nel calcolo delle azioni termiche, si terrà conto di più fattori, quali le condizioni climatiche del sito, l'esposizione, la massa complessiva della struttura, la eventuale presenza di elementi non strutturali isolanti, le temperature dell'aria esterne (Cfr. § 3.5.2), dell'aria interna (Cfr.§ 3.5.3) e la distribuzione della temperatura negli elementi strutturali (Cfr § 3.5.4) viene assunta in conformità ai dettami delle N.T.C. 2018.

### **A.01.C.8 Azioni sulla costruzione – Neve**

Il carico della neve sulle opere di copertura è stato valutato secondo il punto 3.4 del D.M. 17/01/2018, in base alla seguente relazione:

$$q_s = \mu_j \cdot q_{sk} \cdot C_E \cdot C_t$$

in cui si ha:

$q_s$  = carico neve sulla copertura;

$\mu_j$  = coefficiente di forma della copertura di cui al (Cfr.§ 3.4.3);

$q_{sk}$  = valore caratteristico di riferimento del carico neve al suolo [kN/m<sup>2</sup>], fornito al (Cfr.§ 3.4.2) delle N.T.C. 2018 per un periodo di ritorno di 50 anni;

$C_E$  = coefficiente di esposizione di cui al (Cfr.§ 3.4.4);

$C_t$  = coefficiente termico di cui al (Cfr.§ 3.4.5).

Per quanto riguarda il carico della neve al suolo, la Provincia di Brindisi e il Comune di Francavilla Fontana è posta in zona III.

SIGLA	REV	DESCRIZIONE	Data	Pag.	TOT.
	1	CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE	<b>04/10/2023</b>	<b>17</b>	<b>82</b>

	<b>Impianto agrivoltaico con fotovoltaico a terra del tipo a inseguimento solare da ubicare nel Comune di Francavilla Fontana (Provincia di Brindisi)</b>  <b>Ditta Proponente: Francavilla 1 Solar s.r.l.</b>	
--	--	--

Poiché il sito dove verrà realizzata l'opera si trova a circa 160 m sul livello del mare, si assume:

$$q_{sk} = 0,60 \text{ (k/N) / mq}$$

Per il coefficiente di forma si farà riferimento alla tabella di cui al punto 3.4.3.1 dell NTC 2018 e, a vantaggio di sicurezza, si assumerà il valore di 0,8.

Il coefficiente  $C_E$ , a vantaggio di sicurezza, secondo le disposizioni della tabella 3.4.I, è stato posto pari a 0,60.

Il coefficiente termico  $C_t$ , secondo le disposizioni al punto 3.4.4, poiché si è in assenza di uno specifico e documentato studio, è stato posto pari a 1.

#### **A.01.C.9 Combinazioni di carico**

Le combinazioni di calcolo da considerare sono quelle previste dal D.M. 17/01/2018 per i vari stati limite e per le varie azioni e tipologie costruttive.

In particolare, ai fini delle verifiche degli stati limite si definiscono le seguenti combinazioni delle azioni per cui si rimanda al § 2.5.3 delle N.T.C. 2018. Queste sono:

- Combinazione fondamentale, generalmente impiegata per gli stati limite ultimi (S.L.U.) (2.5.1);
- Combinazione caratteristica (rara), generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (S.L.E.) irreversibili, da utilizzarsi nelle verifiche alle tensioni ammissibili di cui al § 2.7 (2.5.2);
- Combinazione frequente, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (S.L.E.) reversibili (2.5.3);
- Combinazione quasi permanente (S.L.E.), generalmente impiegata per gli effetti a lungo termine (2.5.4);
- Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E (v. § 3.2 form. 2.5.5);
- Combinazione eccezionale, impiegata per gli stati limite ultimi connessi alle azioni eccezionali di progetto Ad (v. § 3.6 form. 2.5.6).

Nelle combinazioni per S.L.E., si intende che vengono omessi i carichi  $Q_{kj}$  che danno un contributo favorevole ai fini delle verifiche e, se del caso, i carichi  $G_2$ .

SIGLA	REV	DESCRIZIONE	Data	Pag.	TOT.
	1	CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE	<b>04/10/2023</b>	<b>18</b>	<b>82</b>

	<b>Impianto agrivoltaico con fotovoltaico a terra del tipo a inseguimento solare da ubicare nel Comune di Francavilla Fontana (Provincia di Brindisi)</b>  <b>Ditta Proponente: Francavilla 1 Solar s.r.l.</b>	
--	--	--

Altre combinazioni sono da considerare in funzione di specifici aspetti (p. es. fatica, ecc.).

Nelle formule sopra riportate il simbolo + vuol dire "combinato con".

I valori dei coefficienti parziali di sicurezza  $\gamma_{Gi}$  e  $\gamma_{Qj}$  sono dati in § 2.6.1, Tab. 2.6.I.

Nel caso delle costruzioni civili e industriali le verifiche agli stati limite ultimi o di esercizio devono essere effettuate per la combinazione dell'azione sismica con le altre azioni già fornita in § 2.5.3 form. 3.2.16 delle N.T.C. 2018.

Gli effetti dell'azione sismica saranno valutati tenendo conto delle masse associate ai carichi gravitazionali (form. 3.2.17).

I valori dei coefficienti  $\psi_{2j}$  sono riportati nella Tabella seguente.

<b>Categoria/Azione variabile</b>	<b><math>\psi_{0i}</math></b>	<b><math>\psi_{1i}</math></b>	<b><math>\psi_{2i}</math></b>
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

*Tabella dei coefficienti di combinazione*

La struttura deve essere progettata così che il degrado nel corso della sua vita nominale, purché si adotti la normale manutenzione ordinaria, non pregiudichi le sue prestazioni in termini di resistenza, stabilità e funzionalità, portandole al di sotto del livello richiesto dalle presenti norme.

Le misure di protezione contro l'eccessivo degrado devono essere stabilite con riferimento alle previste condizioni ambientali.

La protezione contro l'eccessivo degrado deve essere ottenuta attraverso un'opportuna scelta dei dettagli, dei materiali e delle dimensioni strutturali, con l'eventuale applicazione di sostanze o ricoprimenti protettivi, nonché con l'adozione di altre misure di protezione attiva o passiva.

SIGLA	REV	DESCRIZIONE	Data	Pag.	TOT.
	1	CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE	<b>04/10/2023</b>	<b>19</b>	<b>82</b>

	<b>Impianto agrivoltaico con fotovoltaico a terra del tipo a inseguimento solare da ubicare nel Comune di Francavilla Fontana (Provincia di Brindisi)</b>  <b>Ditta Proponente: Francavilla 1 Solar s.r.l.</b>	
--	--	--

La definizione quantitativa delle prestazioni e le verifiche sono riportati nel fascicolo delle elaborazioni numeriche allegate.

### **A.01.C.10 Durabilità**

Per garantire la durabilità della struttura saranno prese in considerazione opportuni stati limite di esercizio (S.L.E.) in funzione dell'uso e dell'ambiente in cui la struttura dovrà vivere limitando sia gli stati tensionali che nel caso delle opere in calcestruzzo anche l'ampiezza delle fessure. La definizione quantitativa delle prestazioni, la classe di esposizione e le verifiche saranno riportati nel fascicolo delle elaborazioni numeriche.

Inoltre per garantire la durabilità, così come tutte le prestazioni attese, è necessario che si ponga adeguata cura sia nell'esecuzione che nella manutenzione e gestione della struttura e si utilizzino tutti gli accorgimenti utili alla conservazione delle caratteristiche fisiche e dinamiche dei materiali e delle strutture. La qualità dei materiali e le dimensioni degli elementi sono coerenti con tali obiettivi.

Durante le fasi di costruzione il direttore dei lavori implementerà severe procedure di controllo sulla qualità dei materiali, sulle metodologie di lavorazione e sulla conformità delle opere eseguite al progetto esecutivo nonché alle prescrizioni contenute nelle "Norme Tecniche per le Costruzioni" D.M. 17/01/2018 e relative Istruzioni.

### **A.01.C.11 Prestazioni attese al collaudo**

La struttura a collaudo dovrà essere conforme alle tolleranze dimensionali prescritte, inoltre relativamente alle prestazioni attese esse dovranno essere quelle di cui al § 9 del D.M. 17/01/2018.

SIGLA	REV	DESCRIZIONE	Data	Pag.	TOT.
	1	CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE	<b>04/10/2023</b>	<b>20</b>	<b>82</b>

	<b>Impianto agrivoltaico con fotovoltaico a terra del tipo a inseguimento solare da ubicare nel Comune di Francavilla Fontana (Provincia di Brindisi)</b>  <b>Ditta Proponente: Francavilla 1 Solar s.r.l.</b>	
--	--	--

## **A.01.D CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA DEI TERRENI**

Per la caratterizzazione geologica e geomorfologica dei terreni, si faccia riferimento all'elaborato progettuale opportunamente dedicato e allegato alla presente.

## **A.01.E STRUTTURE DI SOSTEGNO DEI MODULI FOTOVOLTAICI**

Le strutture di sostegno dei moduli fotovoltaici sono ad inseguimento monoassiale con asse di rotazione lungo la direttrice Nord – Sud e permettono al piano dei pannelli di seguire la rotazione del sole E-O.

Sarà utilizzata la seguente tipologia di strutture:

- struttura costituita da n° 3 campate sulle quali sono adagiati n° 30 pannelli disposti su due file. La larghezza complessiva di tale struttura mobile è pari a 5,00 m e lunghezza complessiva è paria a circa 20,00 ml.

I pannelli sono collegati, per mezzo di profilati trasversali, ad un'asse centrale che ruota attorno alla direttrice nord-sud grazie ad un dispositivo meccanico. L'asse orizzontale è posto ad una altezza pari a 3,50 m fuori terra, con un angolo di rotazione di +/- 60°, sfruttando così al meglio l'assorbimento dell'energia solare.

I pilastri di sostegno sono ammorsati nel terreno ad una profondità variabile in funzione delle caratteristiche meccaniche e litostratigrafiche dei terreni di fondazione.

I carichi dimensionanti sono quelli derivanti dalla combinazione delle azioni del vento incidente sulla struttura che provocano a livello fondale degli sforzi assiali sul montante. Il predimensionamento della profondità di infissione è soddisfatto se l'azione assiale esercitata dal vento è equilibrata dalle azioni tangenziali dovute al contatto con il terreno.

In fase di progettazione esecutiva sarà definita l'effettiva profondità di infissione (preliminarmente dimensionata nell'ordine di 2,5 – 3,0 m) atta a garantire l'equilibrio statico del sistema compatibile con le caratteristiche geomeccaniche del terreno di sedime, desumibili dalla relazione geologica.

SIGLA	REV	DESCRIZIONE	Data	Pag.	TOT.
	1	CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE	<b>04/10/2023</b>	<b>21</b>	<b>82</b>

	<b>Impianto agrivoltaico con fotovoltaico a terra del tipo a inseguimento solare da ubicare nel Comune di Francavilla Fontana (Provincia di Brindisi)</b>  <b>Ditta Proponente: Francavilla 1 Solar s.r.l.</b>	
--	--	--

Le modalità di ammassamento di tali profilati variano dalla infissione (battitura) alla trivellazione. In alcuni casi le fondazioni potrebbero consistere anche in zavorre in c.a.

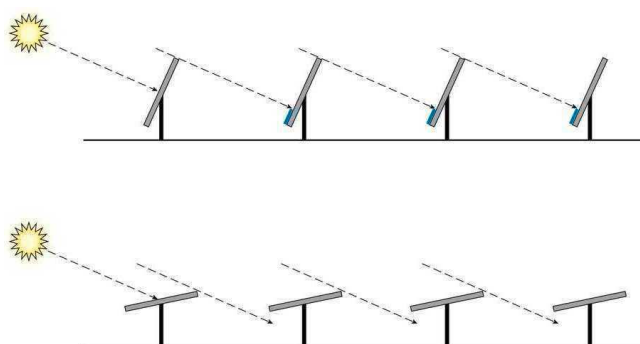
Comunque le innumerevoli applicazioni del fotovoltaico fanno sì che le strutture di supporto e sostegno dei moduli siano, per geometria e concezione, personalizzate per ogni singolo progetto.

Qualunque sia la struttura di sostegno prescelta, quest'ultima deve essere in grado di reggere il proprio peso nonché di resistere alle sollecitazioni esercitate da fattori esterni quali:

- la neve, per esempio, può comportare sollecitazioni di carico dovute all'accumulo sulla superficie dei moduli;
- la pressione dovuta all'azione del vento agente sul piano dei moduli che si traduce in quel fenomeno chiamato "effetto vela".

Da non sottovalutare per esempio, nella scelta dei materiali, è anche l'eventualità della presenza di azioni corrosive sulle parti metalliche della struttura che ne pregiudicherebbero la stabilità nel tempo. Le Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC) di cui al decreto del Ministero delle infrastrutture e dei trasporti 17 gennaio 2018 e la CIRCOLARE 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP. Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018 stabiliscono i criteri per i carichi permanenti, carico d'esercizio, sovraccarico neve e azioni termiche, così come precedentemente elencato.

Tutti i componenti e le strutture saranno progettati in fase esecutiva per le condizioni ambientali specifiche dei siti in base alle normative locali e in base alle richieste tecniche inclusa l'ipotesi progettuale del carico del vento.



SIGLA	REV	DESCRIZIONE	Data	Pag.	TOT.
	1	CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE	<b>04/10/2023</b>	<b>22</b>	<b>82</b>

	<b>Impianto agrivoltaico con fotovoltaico a terra del tipo a inseguimento solare da ubicare nel Comune di Francavilla Fontana (Provincia di Brindisi)</b>  <b>Ditta Proponente: Francavilla 1 Solar s.r.l.</b>	
--	--	--

Il localizzatore orizzontale monoassiale ipotizzato, 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.

Il sistema di backtracking controlla e garantisce che una serie di pannelli non oscuri gli altri pannelli adiacenti. Quando l'angolo di elevazione del Sole è basso nel cielo, all'inizio o alla fine della giornata, l'ombreggiatura automatica tra le righe del tracker può ridurre l'output del sistema.

La caratteristica chiave del prodotto risiede nell'ingegnerizzazione: una soluzione che utilizza componenti meccanici ampiamente disponibili (componenti in acciaio) ed elettronica per lavorare senza interruzioni con gli accessori "proprietary" del prodotto (articolazione di post-testine, motori che guidano i loro movimenti e una scheda elettronica di controllo che gestisce i motori).

Questa soluzione offre i seguenti vantaggi principali:

- Completamente equilibrato e modulare, la struttura non richiede personale specializzato per l'installazione e il montaggio o lavori di manutenzione.
- Scheda di controllo facile da installare e autoconfigurante. Il GPS integrato attiva sempre la giusta posizione geografica nel sistema per il tracciamento solare automatico.
- Cuscinetto a strisciamento sferico autolubrificato per compensare imprecisioni e errori nell'installazione di strutture meccaniche.
- Soluzione grezza indipendente con doppio anello di protezione antipolvere indipendente.
- Motore a corrente alternata.
- Basso consumo elettrico.

Considerando la classificazione dell'ambiente corrosivo e considerando una vita di progetto minima di 25 anni, i pali della fondazione saranno zincati a caldo secondo EN ISO 1461: 2009, altre parti saranno zincate a caldo o pregalvanizzate (Sendzmir) in base alle specifiche del progetto.

SIGLA	REV	DESCRIZIONE	Data	Pag.	TOT.
	1	CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE	<b>04/10/2023</b>	<b>23</b>	<b>82</b>



	<b>Impianto agrivoltaico con fotovoltaico a terra del tipo a inseguimento solare da ubicare nel Comune di Francavilla Fontana (Provincia di Brindisi)</b>  <b>Ditta Proponente: Francavilla 1 Solar s.r.l.</b>	
--	--	--



Il supporto post guidato non richiede una base concreta. Il palo è un profilo in acciaio omega per massimizzare la superficie di contatto con il terreno, la profondità dipende dal tipo di terreno.

Una tipica flangia di 5 cm viene utilizzata per pilotare il montante con un autista che dovrebbe avere una guida per mantenere la direzione di inserimento entro le tolleranze minime.

Il kit di componenti post-testa può essere installato direttamente sui pilastri di fondazione guidati senza saldatura sul posto. In conformità con i vincoli ambientali più rigorosi, questa soluzione elimina la necessità di fondazioni in calcestruzzo, che riduce anche i tempi di costruzione.

I limiti di velocità del vento sono:

- Resistenza al vento fino a 72 km / h valida per qualsiasi posizione di lavoro ( $\pm 60^\circ$ )
- Resistenza al vento fino a 120 km / h in posizione riposta nel caso di posizionamento automatico di  $15^\circ$  per superfici più piccole.
- Velocità del vento per attivare il meccanismo di difesa: 60 km / h
- Tempo di andare da  $60^\circ$  a  $0^\circ$  di inclinazione: 100 sec.

Tutti i valori relativi alla resistenza al vento o al meccanismo di difesa devono essere considerati come valori minimi. I valori di impostazione effettivi saranno conformi alle Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC 2018).

SIGLA	REV	DESCRIZIONE	Data	Pag.	TOT.
	1	CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE	<b>04/10/2023</b>	<b>24</b>	<b>82</b>

	<b>Impianto agrivoltaico con fotovoltaico a terra del tipo a inseguimento solare da ubicare nel Comune di Francavilla Fontana (Provincia di Brindisi)</b>  <b>Ditta Proponente: Francavilla 1 Solar s.r.l.</b>	
--	--	--

## **A.01.G CABINE ELETTRICHE E VANI TECNICI**

Sono previste 15 cabine, denominate "Cabine di raccolta inverter", destinate ad ospitare le linee in MT provenienti dagli inverter di stringa e avranno le dimensioni in pianta di 18,50 ml x 5,50 ml con una fondazione in piastra di cemento armato di tipo prefabbricato.

E' prevista, inoltre, una cabina principale (o generale) d'impianto destinata ad ospitare tutte le linee provenienti dalle precedenti cabine di raccolta inverter e le partenze verso il punto di consegna/conessione; questa avrà le dimensioni in pianta pari a ml 18,50 ml x 5,50 ml con una fondazione sempre in piastra di cemento armato di tipo prefabbricato.

Sono previste, ancora, quattro cabine adibite a vani tecnici per la gestione dell'impianto agricolo annesso all'impianto fotovoltaico, del tipo prefabbricato in metallo (tipo a containers) e prodotte in stabilimento da un costruttore che ne fornirà i calcoli e/o i certificati di prodotto, ciascuna delle dimensioni pari a di ml 11,90 x 2,40 x 2,83 (altezza); tali strutture saranno poggiate su plinti di cm 40 x 40 e altezza pari a cm. 50 che sorgeranno su una piastra di fondazione dello spessore di cm 30 avente le dimensioni pari a ml 12,30 x ml 2,80. Tali containers saranno sopraelevati rispetto al piano campagna, di 50 cm per preservarli dalle intemperie.

Tutte le cabine di cui sopra, ad eccezione dei vani tecnici, 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. (per quelle elettriche) e messe in opera su piastre in cemento armato di tipo prefabbricato, 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.

SIGLA	REV	DESCRIZIONE	Data	Pag.	TOT.
	1	CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE	<b>04/10/2023</b>	<b>25</b>	<b>82</b>

	<b>Impianto agrivoltaico con fotovoltaico a terra del tipo a inseguimento solare da ubicare nel Comune di Francavilla Fontana (Provincia di Brindisi)</b>  <b>Ditta Proponente: Francavilla 1 Solar s.r.l.</b>	
--	--	--



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.

Comunque tutte le strutture in elevazione e le relative vasche di base saranno del tipo prefabbricato e prodotte in stabilimento da un costruttore che ne fornirà i calcoli e/o i certificati di prodotto.

Per quanto riguarda le cabine destinate a vani tecnici, queste saranno sempre del tipo prefabbricato a container e posate su piastra di fondazione in conglomerato cementizio armato dello spessore di cm 40 e i cui calcoli saranno eseguiti secondo le indicazioni della presente relazione.

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

SIGLA	REV	DESCRIZIONE	Data	Pag.	TOT.
	1	CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE	<b>04/10/2023</b>	<b>26</b>	<b>82</b>

	<b>Impianto agrivoltaico con fotovoltaico a terra del tipo a inseguimento solare da ubicare nel Comune di Francavilla Fontana (Provincia di Brindisi)</b>  <b>Ditta Proponente: Francavilla 1 Solar s.r.l.</b>	
--	--	--

## A.01.H PALI D'ILLUMINAZIONE E VIDEOSORVEGLIANZA

La verifica strutturale degli elementi lineari in progetto, necessari per la realizzazione del sistema di illuminazione delle aree, utilizzati anche quali sostegni per gli apparati elettrici di videosorveglianza, consiste nel determinare la profondità di infissione nel terreno tale da soddisfare i requisiti di sicurezza strutturale delle parti in elevazione nei confronti delle azioni dinamiche indotte dal vento. Si ha stabilità quando il volume del terreno intorno alla base del palo è in grado di contrastare il momento di abbattimento generato dalle azioni del vento  $Q=(h+c/2)$  con h altezza fuori terra del palo e c profondità di infissione.

Definendo k = pressione sul terreno limite con valori tipici di circa 3,9 daN/cm<sup>2</sup> per ghiaie, sabbia asciutta compatta; 2,0 daN/cm<sup>2</sup> per terreno vegetale consistente e 1,0 daN/cm<sup>2</sup> per terreno di riporto e argilla umida sabbiosa, la verifica è soddisfatta quando

$$\sigma_c \leq k$$

Il valore di  $\sigma_c$  è calcolabile mediante la relazione:

$$\sigma_c = \frac{(h + \frac{c}{2})}{\pi \cdot \frac{D \cdot c^2}{48} \cdot 10^4} \leq k$$

Indicando con D il diametro del palo in prossimità del terreno.

Con la sopraripotata relazione empirica è possibile determinare la profondità di infissione minima che garantisce l'equilibrio del sistema. È rinviata alla fase di progettazione esecutiva l'effettivo dimensionamento in ragione delle sezioni definitive dei lampioni e delle relative caratteristiche meccaniche dei materiali.

Per le caratteristiche geometriche si rimanda agli elaborati grafici di progetto.

## A.01.I RECINZIONE E CANCELLI

Assimilando recinzioni e cancelli a strutture a mensole incastrate al terreno (per i cancelli lo schema vale per i pilastri terminali), si considera che le tensioni sulla mensola vengono determinate dalla spinta

SIGLA	REV	DESCRIZIONE	Data	Pag.	TOT.
	1	CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE	<b>04/10/2023</b>	<b>27</b>	<b>82</b>

	<p align="center"><b>Impianto agrivoltaico con fotovoltaico a terra del tipo a inseguimento solare da ubicare nel Comune di Francavilla Fontana (Provincia di Brindisi)</b></p> <p><b>Ditta Proponente: Francavilla 1 Solar s.r.l.</b></p>	
--	--	--

orizzontale con conseguente generazione di una matrice di sollecitazione alla base. Con tale schema statico è possibile stimare i momenti di ribaltamento dei montanti e conseguentemente determinare la profondità di infissione della recinzione in ragione dell'effettiva modalità di posa. Per i cancelli allo stesso modo si dimensiona il basamento in calcestruzzo delle colonne.

Il calcolo esatto è rinviato alla fase esecutiva di progettazione con riferimento alle definitive caratteristiche meccaniche dei materiali impiegati.

Per le caratteristiche geometriche si rimanda agli elaborati grafici di progetto.

SIGLA	REV	DESCRIZIONE	Data	Pag.	TOT.
	<b>1</b>	CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE	<b>04/10/2023</b>	<b>28</b>	<b>82</b>

	<b>Impianto agrivoltaico con fotovoltaico a terra del tipo a inseguimento solare da ubicare nel Comune di Francavilla Fontana (Provincia di Brindisi)</b>  <b>Ditta Proponente: Francavilla 1 Solar s.r.l.</b>	
--	--	--

## **A.01.L PIASTRE DI FONDAZIONE**

Relativamente ai calcoli preliminari delle strutture si è calcolata la piastra che potrebbe riportare il carico maggiore. Si prende in considerazione una delle piastre che costituiscono la fondazione delle 15 cabine di raccolta; La piastra riporta dimensioni esterne in pianta pari a (19,50 ml x 6,50) e spessore parti a 0,40 ml.

Le piastre delle altre strutture in elevazione avranno il medesimo spessore e saranno armate con la stessa quantità di armatura al metro.

Il predimensionamento di tutte le piastre di fondazione viene eseguito considerando le caratteristiche del terreno di sedime desumibili dalla relazione geologica e le azioni trasmesse dalle sovrastrutture desumibili dalle schede tecniche degli apparati.

Di seguito si riportano le risultanze del calcolo eseguito e le relative verifiche geotecniche.

### **A.01.I.1 Verifiche geotecniche**

Per le verifiche geotecniche si rimanda all'elaborato "Relazione Geotecnica" allegata alla presente.

### **A.01.I.2 Metodologie di calcolo**

L'analisi della piastra di fondazione è stata eseguita utilizzando una modellazione con il metodo degli elementi finiti (FEM).

### **A.01.I.3 Definizione delle azioni elementari**

I pesi propri delle apparecchiature e delle strutture prefabbricate considerati ai fini del calcolo sono riassunti nella seguente tabella.

Carico apparecchiature	5000	Kg
Carico accidentale	200	Kg/mq
Peso proprio strutture	60000	Kg

SIGLA	REV	DESCRIZIONE	Data	Pag.	TOT.
	1	CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE	<b>04/10/2023</b>	<b>29</b>	<b>82</b>

	<b>Impianto agrivoltaico con fotovoltaico a terra del tipo a inseguimento solare da ubicare nel Comune di Francavilla Fontana (Provincia di Brindisi)</b>  <b>Ditta Proponente: Francavilla 1 Solar s.r.l.</b>	
--	--	--

Inoltre è stato considerato anche un sovraccarico accidentale, valutato come aree ad uso industriale (E2) e quantificato in 200 kg/mq.

#### **A.01.I.4 Verifiche strutturali**

Le strutture in elevazione, come già detto, saranno del tipo prefabbricato e prodotte in stabilimento da un costruttore che ne fornirà i calcoli e/o i certificati di prodotto.

Per i tabulati dei calcoli strutturali della piastra di fondazione si rimanda al capitolo dedicato.

### **A.02 CONCLUSIONI**

Vista la natura dell'opera le azioni significative per il pre-dimensionamento delle strutture di sostegno degli inseguitori solari sono rappresentate dalla distribuzione dei carichi derivanti dalle azioni del vento. Altre azioni minori e certamente non dimensionanti, sono rappresentate dal peso proprio delle strutture, dal carico da neve e dalle azioni dinamiche indotte dalle sollecitazioni sismiche.

Le sollecitazioni derivanti da dette azioni risultano secondarie all'analisi strutturale rispetto alle azioni dinamiche indotte dal vento, visto soprattutto la trascurabile massa dei moduli che ricopre un ruolo determinante nelle verifiche statiche e dinamiche da sisma. Inoltre, vista la posizione dell'area di intervento i carichi da neve risultano marginali.

Per ciò che riguarda le restanti componenti minori quali container, cabinet e pali di illuminazione, trattandosi di elementi standard si rimanda alla fase di progettazione esecutiva per le specifiche verifiche della sicurezza strutturale essendo comunque valutata, in via preliminare, la compatibilità strutturale delle opere in progetto.

Rinviando alla progettazione esecutiva la verifica strutturale delle opere secondo i dettami delle NTC2018, considerando quindi l'analisi dei carichi rigorosa e la combinazione delle azioni sui vari elementi strutturali, dalle verifiche svolte è evidente la piena compatibilità dell'opera per come pre-dimensionata, sotto l'aspetto statico e dinamico.

In merito agli impianti presenti, come meglio dettagliatamente riportati negli elaborati del progetto definitivo, si precisa che sono state considerate tutte le necessità del progetto, sia in termini di apparati che di apparecchiature e che pertanto i volumi tecnici necessari saranno esclusivamente quelli riportati nel presente progetto definitivo.

SIGLA	REV	DESCRIZIONE	Data	Pag.	TOT.
	1	CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE	<b>04/10/2023</b>	<b>30</b>	<b>82</b>

	<p>Impianto agrivoltaico con fotovoltaico a terra del tipo a inseguimento solare da ubicare nel Comune di Francavilla Fontana (Provincia di Brindisi)</p> <p><b>Ditta Proponente: Francavilla 1 Solar s.r.l.</b></p>	
--	--	--

## **A.03 CALCOLI STRUTTURALI - PREDIMENSIONAMENTO**

SIGLA	REV	DESCRIZIONE	Data	Pag.	TOT.
	1	CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE	<b>04/10/2023</b>	<b>31</b>	<b>82</b>