

REGIONE CAMPANIA

PROVINCIA DI CASERTA

COMUNE DI GRAZZANISE

PROGETTO DI UN IMPIANTO AGRO - FOTOVOLTAICO

REALIZZAZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO PER
LA PRODUZIONE DI ENERGIA DA FONTE
FOTOVOLTAICA E PER LA PRODUZIONE AGRICOLA
DELLA POTENZA DI 21,5 MWp E DELLE RELATIVE
OPERE CONNESSE E DI CONNESSIONE ALLA RETE

DESCRIZIONE ELABORATO RELAZIONE CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE	Livello Progetto PD		Codice Elaborato RS002
	Scala	Formato stampa A4	Codice Progetto ITA10137

PROGETTAZIONE e SVILUPPO	Proponente:
 MR WIND S.r.l. Via Alessandro Manzoni n.31 - 84091 Battipaglia (SA)	 Vespera Development 01 S.r.l. Via Armando Diaz n.74/A - 74023 Grottaglie (TA)
 TECNICO Ing. Giuseppe Calabrese	 TECNICO Ing. Giovanni Savarese

DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	CONTROLLATO	VERIFICATO
00		-----		
01				
02				
03				

Sommario

1	Premessa.....	2
2	Presentazione Del Progetto.....	3
2.1	Descrizione Del Progetto	3
2.2	Caratteristiche Generali Del Progetto.....	5
3	Strutture.....	6
3.1	Caratteristiche Dei Moduli Fotovoltaici.....	6
3.2	Normative Di Riferimento.....	12
3.3	Materiali	13
3.4	Azioni Sulle Costruzioni	13

1 PREMESSA

La scelta della tipologia di fondazione da impiegare nell'ambito della realizzazione di un impianto agro-fotovoltaico è dettata da diversi fattori:

- dimensione ed importanza dell'impianto;
- caratteristiche geotecniche del sito;
- posizionamento ed accessibilità dello stesso;
- tempistiche di realizzazione dell'impianto.

In via del tutto generale, un impianto agro-fotovoltaico non necessiterà di alcuna fondazione cementizia in quanto le strutture saranno ancorate al suolo a mezzo infissione di pali in acciaio, in grado di poter essere facilmente rimossa o addirittura riutilizzata una volta terminato il ciclo di vita utile del sito.

Gli impianti fotovoltaici, data la loro estesa superficie e la struttura leggera, sono fortemente soggetti all'azione del vento. Le fondazioni dovranno perciò sopportare carichi verticali relativamente bassi a fronte di ingenti momenti ribaltanti, tali da poter generare addirittura sforzi di trazione in fondazione.

Aggiungendo a queste considerazioni il fatto che molto spesso tali impianti vengono a realizzarsi in ambiti rurali in tempi relativamente brevi, dato il forte grado di prefabbricazione degli elementi che li costituiscono ed i rapidi tempi di posa in opera, si ritiene che una scelta ottimale per le fondazioni sia quella che prevede l'impiego di pali infissi o a vite, soprattutto per gli impianti a terra.

La presente relazione illustra le strutture che andranno a sostenere i pannelli fotovoltaici che compongono l'impianto agro-fotovoltaico in progetto.

2 PRESENTAZIONE DEL PROGETTO

2.1 Descrizione del progetto

L'impianto agro-fotovoltaico in progetto prevede un impianto per la produzione di energia elettrica con tecnologia fotovoltaica, combinato con l'attività di coltivazione agricola. L'impianto avrà una potenza complessiva installata di circa 21.561 kWp e l'energia prodotta sarà immessa nella Rete di Trasmissione Nazionale (RTN).

La società richiedente il 17 ottobre 2022 ha ottenuto dal gestore di rete TERNA SPA la soluzione tecnica minima generale (STMG) come per legge al fine di connettere l'impianto alla rete di trasmissione nazionale; tale soluzione prevede che l'impianto di produzione di energia fotovoltaico venga collegato in antenna a 36 kV su una nuova Stazione Elettrica a 380/150/36 kV della RTN da collegare in entra – esce alla linea RTN a 380 kV “Garigliano ST – Patria”.

A seguito del ricevimento della STMG è stato possibile definire puntualmente le opere progettuali da realizzare, che si possono così sintetizzare:

- campo agro-fotovoltaico, sito nel comune di Grazzanise (CE), in località “Selvalunga”;
- cabina primaria, nel comune di Cancellò e Arnone (CE);
- cavidotto di collegamento nei territori comunali di Grazzanise e di Cancellò e Arnone (CE).

L'impianto si sviluppa su una superficie lorda complessiva disponibile di circa 34,5 Ha (345.149,1 m²), appartenenti all'area di impianto ricadente nel territorio comunale di Grazzanise (CE) appunto, ma la cui reale occupazione in termini di superficie fotovoltaica (pannelli ed opere edili connesse) è poco più di 11 Ha, ovvero poco più del 32 % complessivo.

L'impianto di produzione interesserà da un punto di vista catastale le particelle di seguito riepilogate:

Foglio	Particella	Intestatario	Superficie (mq)	Data Nascita	Cod. Fiscale	Quota Proprietà	Titolarità
43	16	COPPOLA FILOMENA	66.156	10/08/1957	CPPFMN57M50B872F	1000/1000	PROPRIETARIO
	22	MARTINO GIOVANNI	97.914	12/12/1963	MRTGNN63T12B715C	9/9	PROPRIETARIO
	38	SCHIAVONE FLORA	28.612	28/05/1967	SCHFLR67E68B963S	1/1	PROPRIETARIO
	40	COPPOLA PASQUALE	66.155	10/02/1952	CPPPQL52B10B872A	1000/1000	PROPRIETARIO
	46	SCHIAVONE MARIA	33.896	06/02/1957	SCHMRA57B46B872S	1/1	PROPRIETARIO
	73	SCHIAVONE FLORA	5.284	28/05/1967	SCHFLR67E68B963S	1/1	PROPRIETARIO
44	17	MARTINO GIOVANNI	50.627	12/12/1963	MRTGNN63T12B715C	9/9	PROPRIETARIO
Totale			348.644		Ettari 34,8644		

Si riporta di seguito l'inquadratura su ortofoto dell'area di impianto e della nuova cabina primaria (in arancio), quest'ultima da realizzarsi nel Comune di Cancellò e Arnone (CE).

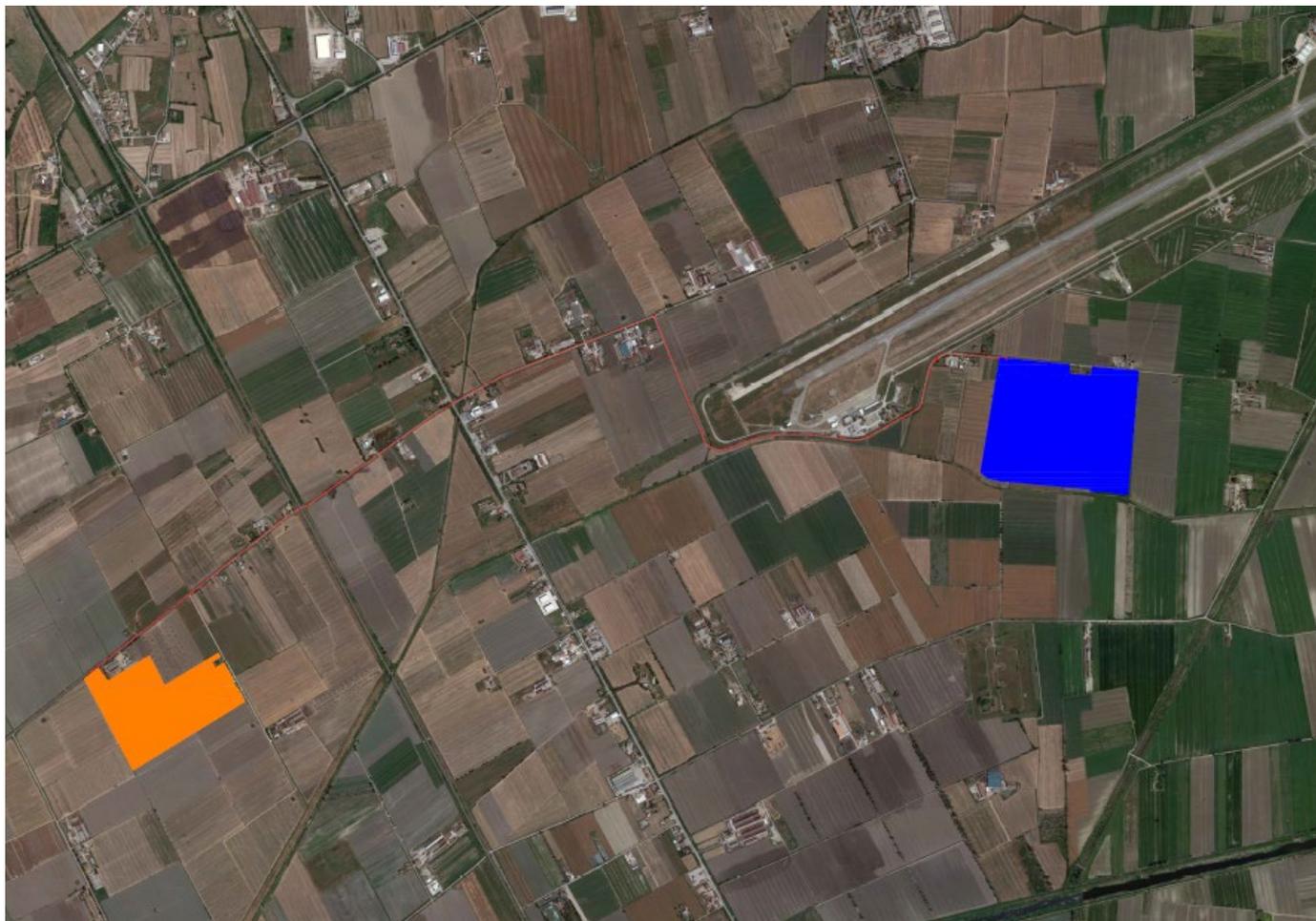


Figura 1 – Ubicazione area d' impianto e cabina primaria.

2.2 Caratteristiche generali del progetto

La Società Vespera Development 01 S.r.l., titolare del progetto, si propone di realizzare un impianto agro-fotovoltaico, per sé stessa con consegna alla rete dell'energia prodotta, curando in proprio tutte le attività necessarie. Il proponente intende realizzare nel comune di Grazzanise (CE) in località "Selvalunga" un impianto agro-fotovoltaico ad inseguimento monoassiale per la produzione di energia elettrica.

Il progetto prevede la realizzazione di un impianto da circa 21.561 kWp per la produzione di energia elettrica mediante tecnologia fotovoltaica, opere di connessione e infrastrutture annesse da cedere alla Rete di Trasmissione Nazionale (RTN) secondo quanto previsto dalla Legge 9/91 "Norme per l'attuazione del nuovo Piano energetico nazionale" e successive disposizioni legislative in materia tariffaria, in particolare dal D. Lgs 16 marzo 1999, n° 79 (decreto Bersani).

L'impianto, denominato "FV_GRAZZANISE", è di tipo ad inseguitore monoassiale, connesso alla rete (grid-connected) in modalità trifase. Si tratta di un impianto con sistema ad inseguitore solare monoassiale, con allineamento dei moduli in direzione nord-sud e tilt di est - ovest variabile da -55° a +55° sull'orizzontale, montati su apposite strutture metalliche.

Per l'impianto è prevista la soluzione con installazione a terra "non integrata" con pannelli fotovoltaici, del tipo Canadian Solar Bifacciali Monocristallino con una potenza di picco di 690 Wp, disposti su strutture ad inseguimento monoassiale.

Tali supporti, saranno in acciaio zincato e saranno opportunamente distanziati sia per evitare l'ombreggiamento reciproco, sia per avere lo spazio necessario al passaggio dei mezzi nella fase di lavorazione delle attività agricole annesse.

Tale soluzione permette di ottimizzare l'occupazione del territorio massimizzando al contempo la produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile.



Figura 2 - Particolare strutture di sostegno dei moduli

3 STRUTTURE

Per la realizzazione dell'impianto si sono scelte strutture in acciaio al carbonio galvanizzato, resistente alla corrosione, costituite da un palo verticale e collegati a profilati in orizzontale che costituiscono la superficie di alloggiamento dei pannelli fotovoltaici. La lunghezza dei pali è commisurata alle condizioni di carico specifiche dell'impianto (carichi di neve e vento) e alle caratteristiche di portanza del terreno interessato.

Ciascun palo sarà equipaggiato con un ritto verticale in acciaio zincato di lunghezza adeguata al fine di consentire la posa di profili metallici diagonali, inclinati sull'orizzontale dell'angolo di tilt di progetto, sui quali posare i binari metallici longitudinali di supporto dei pannelli fotovoltaici. I pannelli saranno ancorati ai binari tramite opportuni morsetti di fissaggio.

Si è scelto di adottare pali ad infissione, ricoperti con uno strato adeguato di zincatura contro la corrosione, tramite battitura/rotazione con apposita macchina battipalo in modo da ridurre al minimo l'impiego di opere in calcestruzzo ed evitare il rilascio nell'ambiente di qualsiasi residuo di lavorazione. Il sistema strutturale composto da pali infissi e ritti superiori di altezza e posizione variabile, permette anche di compensare eventuali dislivelli del terreno mantenendo costante l'allineamento e riducendo potenziali problemi di ombreggiamento tra gli impianti.

Le altre parti meccaniche che completano la struttura saranno quindi fissate mediante viteria, bulloni e staffaggio al palo, così come gli stessi moduli fotovoltaici.

3.1 Caratteristiche dei moduli fotovoltaici

Nelle verifiche riportate di seguito si sono comunque considerati pannelli aventi dimensioni B*H= 1.303*2.384 (mm) con un peso proprio di circa 39,4 (kg). I pannelli hanno carcassa in alluminio e il collegamento al supporto avviene mediante staffe in alluminio o acciaio AISI 304, tasselli plastici scorrevoli di tipo rinforzato e bulloneria in acciaio inox equivalente per caratteristiche alle Classi 8.8.



HiKu7 Mono PERC

640 W ~ 670 W

CS7N-640 | 645 | 650 | 655 | 660 | 665 | 670MS

MORE POWER

- Module power up to 670 W
Module efficiency up to 21.6 %
- Up to 3.5 % lower LCOE
Up to 5.7 % lower system cost
- Comprehensive LID / LeTID mitigation technology, up to 50% lower degradation
- Better shading tolerance

MORE RELIABLE

- 40 °C lower hot spot temperature, greatly reduce module failure rate
- Minimizes micro-crack impacts
- Heavy snow load up to 5400 Pa, wind load up to 2400 Pa*

Enhanced Product Warranty on Materials and Workmanship*

Linear Power Performance Warranty*

1st year power degradation no more than 2%
Subsequent annual power degradation no more than 0.55%

*According to the applicable Canadian Solar Limited Warranty Statement.

MANAGEMENT SYSTEM CERTIFICATES*

ISO 9001:2015 / Quality management system
ISO 14001:2015 / Standards for environmental management system
ISO 45001: 2018 / International standards for occupational health & safety

PRODUCT CERTIFICATES*

IEC 61215 / IEC 61730 / CE / INMETRO / MCS / UKCA
UL 61730 / IEC 61701 / IEC 62716 / IEC 60068-2-68
UNI 9177 Reaction to Fire: Class 1 / Take-e-way



* The specific certificates applicable to different module types and markets will vary, and therefore not all of the certifications listed herein will simultaneously apply to the products you order or use. Please contact your local Canadian Solar sales representative to confirm the specific certificates available for your Product and applicable in the regions in which the products will be used.

CSI Solar Co., Ltd. is committed to providing high quality solar photovoltaic modules, solar energy and battery storage solutions to customers. The company was recognized as the No. 1 module supplier for quality and performance/price ratio in the IHS Module Customer Insight Survey. Over the past 20 years, it has successfully delivered over 70 GW of premium-quality solar modules across the world.

* For detailed information, please refer to the Installation Manual.

CSI Solar Co., Ltd.
199 Lushan Road, SND, Suzhou, Jiangsu, China, 215129, www.csisolar.com, support@csisolar.com

ELECTRICAL DATA | STC*

CS7N	640MS	645MS	650MS	655MS	660MS	665MS	670MS
Nominal Max. Power (Pmax)	640 W	645 W	650 W	655 W	660 W	665 W	670 W
Opt. Operating Voltage (Vmp)	37.5 V	37.7 V	37.9 V	38.1 V	38.3 V	38.5 V	38.7 V
Opt. Operating Current (Imp)	17.07 A	17.11 A	17.16 A	17.20 A	17.24 A	17.28 A	17.32 A
Open Circuit Voltage (Voc)	44.6 V	44.8 V	45.0 V	45.2 V	45.4 V	45.6 V	45.8 V
Short Circuit Current (Isc)	18.31 A	18.35 A	18.39 A	18.43 A	18.47 A	18.51 A	18.55 A
Module Efficiency	20.6%	20.8%	20.9%	21.1%	21.2%	21.4%	21.6%
Operating Temperature	-40°C ~ +85°C						
Max. System Voltage	1500V (IEC/UL) or 1000V (IEC/UL)						
Module Fire Performance	TYPE 1 (UL 61730 1500V) or TYPE 2 (UL 61730 1000V) or CLASS C (IEC 61730)						
Max. Series Fuse Rating	30 A						
Application Classification	Class A						
Power Tolerance	0 ~ + 10 W						

* Under Standard Test Conditions (STC) of irradiance of 1000 W/m², spectrum AM 1.5 and cell temperature of 25°C.

ELECTRICAL DATA | NMOT*

CS7N	640MS	645MS	650MS	655MS	660MS	665MS	670MS
Nominal Max. Power (Pmax)	480 W	484 W	487 W	491 W	495 W	499 W	502 W
Opt. Operating Voltage (Vmp)	35.2 V	35.3 V	35.5 V	35.7 V	35.9 V	36.1 V	36.3 V
Opt. Operating Current (Imp)	13.64 A	13.72 A	13.74 A	13.76 A	13.79 A	13.83 A	13.85 A
Open Circuit Voltage (Voc)	42.2 V	42.3 V	42.5 V	42.7 V	42.9 V	43.1 V	43.3 V
Short Circuit Current (Isc)	14.77 A	14.80 A	14.83 A	14.86 A	14.89 A	14.93 A	14.96 A

* Under Nominal Module Operating Temperature (NMOT), irradiance of 800 W/m² spectrum AM 1.5, ambient temperature 20°C, wind speed 1 m/s.

MECHANICAL DATA

Specification	Data
Cell Type	Mono-crystalline
Cell Arrangement	132 [2 x (11 x 6)]
Dimensions	2384 x 1303 x 35 mm (93.9 x 51.3 x 1.38 in)
Weight	34.4 kg (75.8 lbs)
Front Cover	3.2 mm tempered glass with anti-reflective coating
Frame	Anodized aluminium alloy, crossbar enhanced
J-Box	IP68, 3 bypass diodes
Cable	4 mm ² (IEC), 12 AWG (UL)
Cable Length (Including Connector)	460 mm (18.1 in) (+) / 340 mm (13.4 in) (-) or customized length*
Connector	T6 or T4 series or MC4-EVO2
Per Pallet	31 pieces
Per Container (40' HQ)	527 pieces

* For detailed information, please contact your local Canadian Solar sales and technical representatives.

TEMPERATURE CHARACTERISTICS

Specification	Data
Temperature Coefficient (Pmax)	-0.34 % / °C
Temperature Coefficient (Voc)	-0.26 % / °C
Temperature Coefficient (Isc)	0.05 % / °C
Nominal Module Operating Temperature	41 ± 3°C

PARTNER SECTION


* The specifications and key features contained in this datasheet may deviate slightly from our actual products due to the on-going innovation and product enhancement. CSI Solar Co., Ltd. reserves the right to make necessary adjustment to the information described herein at any time without further notice. Please be kindly advised that PV modules should be handled and installed by qualified people who have professional skills and please carefully read the safety and installation instructions before using our PV modules.

CSI Solar Co., Ltd.
199 Lushan Road, SND, Suzhou, Jiangsu, China, 215129, www.csisolar.com, support@csisolar.com

June 2022. All rights reserved, PV Module Product Datasheet V2.4_EN

DEVELOPMENT



MR WIND S.r.l.

Sede: Via A. Manzoni, 31 – 84091 Battipaglia (SA)
www.mrwind.it www.mrwind.eu info@mrwind.it

3.2 Normative di riferimento

Le verifiche strutturali preliminari sono state eseguite in accordo alle seguenti normative nazionali:

- D.M.17 Gennaio 2018: "Norme tecniche per le Costruzioni" (NTC);
- Circolare 21 Febbraio 2019 n.7: "Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 17.01.2018";

A titolo di supporto, si richiamano di seguito i testi normativi pregressi di riferimento:

- Legge n. 1086 del 05.11.1971 "Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica";
- Legge 02/02/1974 n. 64, Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche;
- Circolare Min. LL. PP. Del 14/02/1974 n. 11951;
- D.M. LL.PP. 14.02.1992 "Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche" e relativa Circ. Min. LL.PP n° 37406/STC del 24.06.1993;
- D.M. LL.PP. 09.01.1996 "Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche" e relativa Circ. Min. LL.PP n° 252 AA.GG./S.T.C. del 15.10.1996;
- D.M. LL.PP. 16.01.1996 "Norme tecniche relative ai Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e dei sovraccarichi" e relativa Circ. Min. LL.PP. n° 156AA.GG./STC del 04.07.1996;
- Circolare Min. LL.PP. 04/07/1996, n. 156 AA.GG./STC. "Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche relative ai Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e dei sovraccarichi" di cui al D.M. 16/01/1996;
- Circolare del 10/04/1997 n. 65 del Ministero dei LL.PP., Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche di cui al D.M. 16/01/1996.
- ORDINANZA P.C.M. N:3274 del 02/05/2003 (G.U. 08/05/2003, n. 105 suppl.) modificata ed integrata ai sensi della ORDINANZA P.C.M. N. 3316 del 02/10/2003 (G.U. 10/10/2003, n. 236) e della ORDINANZA P.C.M. N. 3431 del 03/05/2005 (G.U. 10-5- 2005, n. 107 -suppl.): Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica;
- D.P.C.M. n° 3685 del 21/10/03, G.U. n° 252, del 29/10/03;
- Presidenza del Consiglio dei Ministri, Dipartimento della Protezione Civile, Ufficio Servizio Sismico Nazionale, 29/03/04: Elementi informativi sull'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003, recante "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica" (G.U. n. 105 del 8.5.2003);
- D.M. Infrastrutture e Trasporti del 14-09-2005 "Norme tecniche per le costruzioni." (G.U. n. 222 del 23/9/2005 - Suppl. Ordinario n.159);
- O.P.C.M. n° 3519 del 28/04/06, G.U. n° 108, del 11/05/06;

Coerentemente con quanto riportato nelle norme attualmente in vigore (NTC del 14/01/2008) e solo se non in contrasto con le stesse, possono essere presi a riferimento i seguenti codici internazionali:

- UNI EN 1991-1-3: 2004 "Eurocodice 1 - Azioni sulle strutture - Parte 1-3: Azioni in generale - Carichi da Neve";
- UNI EN 1991-1-4: 2005. Eurocodice 1 – Azioni sulle strutture – parte 1-4: Azioni in generale – Azioni del vento;
- UNI EN 1993-1-3:2007 "Eurocodice 3 - Progettazione delle strutture di acciaio – Parte 1-3: Regole generali - Regole supplementari per l'impiego dei profilati e delle lamiere sottili piegati a freddo".

3.3 Materiali

Ai fini delle verifiche e dei calcoli preliminari, per l'acciaio costituente le membrature della struttura di supporto dei pannelli fotovoltaici, si utilizza il seguente:

Acciaio tipo:

Tensione caratteristica di snervamento: **S275 JR 275 MPa**

Tensione caratteristica di rottura: **430 Mpa**

Modulo Elastico: **E = 210.000 Mpa**

Coefficiente di Poisson: **U = 0.3**

Coefficiente di Dilatazione Tecnica: **$\alpha = 1.2 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$**

Densità **$\rho = 7850 \text{ kg/m}^3$**

3.4 Azioni sulle costruzioni

Per le verifiche statiche del sistema proposto, da effettuarsi in sede di progettazione esecutiva, si utilizzeranno i seguenti dati:

- pesi propri strutturali e carichi permanenti
- spinta del vento
- carico da neve
- variazioni termiche

In prima approssimazione è possibile trascurare gli effetti derivanti dalle variazioni termiche. Per ciascuna di queste azioni e laddove applicabile, per questo tipo di struttura si prevede una vita nominale di 30-35 anni. Rispetto a tale periodo di riferimento vengono calcolate le azioni così come a seguito indicato.

4 Analisi dei carichi

I carichi sono funzione della tipologia costruttiva, oltre che dell'azione del vento e della neve.

4.1 Carichi permanenti

Si considera il peso proprio di un pannello fotovoltaico adottato in fornitura pari a 0,109 kN/m².

4.2 Carichi variabili

4.2.1 Neve

Il carico provocato dalla neve sulle coperture sarà valutato mediante la seguente espressione:

$$q_s = \mu_i \cdot q_{n,s} \cdot C_{pe} \cdot C_{te}$$

dove:

q_s è il carico neve sulla copertura;

μ_i è il coefficiente di forma della copertura, fornito al successivo § 3.4.5;

$q_{n,s}$ è il valore caratteristico di riferimento del carico neve al suolo [kN/m²], fornito al successivo § 3.4.2 per un periodo di ritorno di 50 anni;

C_{pe} è il coefficiente di esposizione di cui al § 3.4.3;

C_{te} è il coefficiente termico di cui al § 3.4.4.

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

Considerando:

- Il comune di Grazzanise (CE) ricade nella III,
- il sito è posto a quota $z = 5 \text{ m} < 200 \text{ m slm}$
- il coefficiente di esposizione pari a 0,9 (aree pianeggianti non ostruite esposte su tutti i lati)
- il coefficiente di forma pari a 0,8 (pendenza $< 30^\circ$)
- Coefficiente termico $C_t = 1,0$ per le tipologie di attività svolte

In definitiva:

$$q_{sk} = 0,60 \text{ kN/m}^2$$

$$a_s \leq 200 \text{ m}$$

$$q_{sk} = 0,60 \text{ kN/m}^2$$

$$q_s = 0,8 \times 0,6 \times 1,0 \times 1,0 = 0,48 \text{ kN/m}^2$$

4.2.2 Vento

La pressione del vento, secondo il DM 17.01.18 al punto 3.3.4, è data dall'espressione:

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

dove

q_b è la pressione cinetica di riferimento;

c_e è il coefficiente di esposizione;

c_p è il coefficiente di forma (o coefficiente aerodinamico), 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.

Considerando che trattasi di tettoia a falda singola si fa riferimento al C3.3.8.2.1 della circolare 7/2019.

I valori dei coefficienti di forza sono espressi in funzione del grado di bloccaggio che nella fattispecie, trattandosi di una serie di moduli posti a distanza seppur ravvicinata ma sufficiente a creare le condizioni di passaggio della raffica.

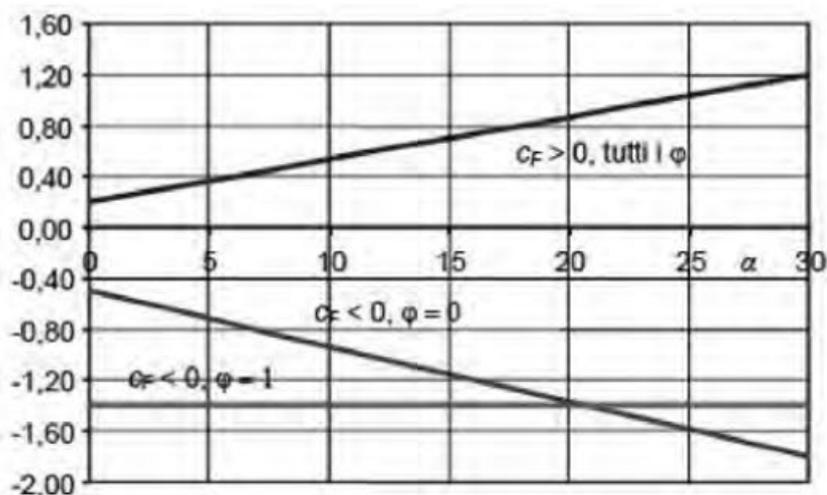


Figura C3.3.21 - Coefficienti di pressione complessiva per tettoie a semplice falda

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

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

$$\phi = 0$$

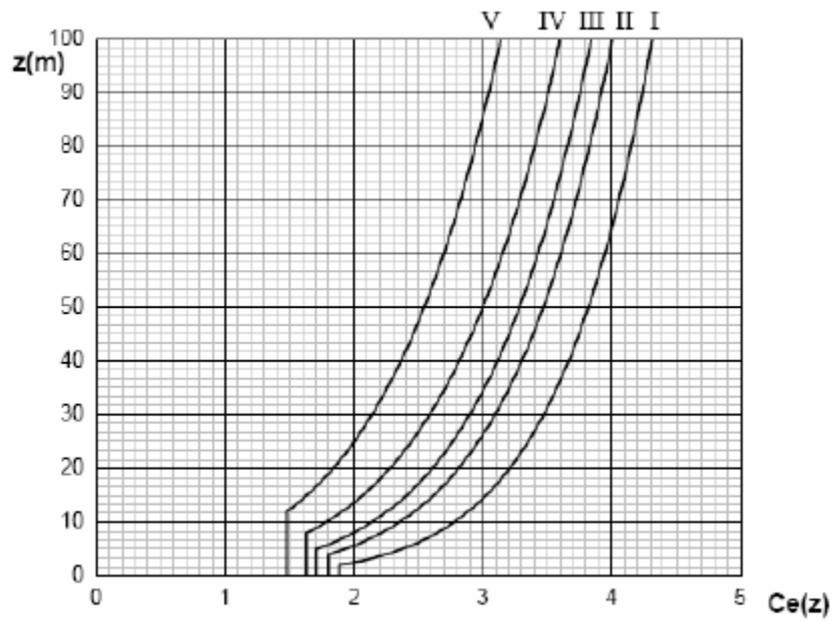
Da cui:

$$C_p: -3,1$$

$$C_p: + 2,2$$

Per quanto riguarda il coefficiente di esposizione C_e , si valuta il grafico seguente, considerando che l'area dista dal mare circa 13 km:

$$C_e = -1,7$$



Pertanto, essendo la pressione q_b pari a 455 N/m^2 ne deriva una pressione del vento pari a:

$$p \approx -2,4 \text{ kN/m}^2 \text{ (ribaltante)}$$

$$p \approx + 1,7 \text{ kN/m}^2 \text{ (compressione)}$$

DEVELOPMENT



MR WIND S.r.l.

Sede: Via A. Manzoni, 31 – 84091 Battipaglia (SA)
www.mrwind.it www.mrwind.eu info@mrwind.it

5 Verifiche

Per le verifiche strutturali si rimanda al tabulato di calcolo elaborato con solutore elettronico.

Di seguito si riporta la verifica di infissione del palo.

- Infissione Palo

				$\tau_s = \sigma_h \cdot \tan \delta = K \cdot \sigma_{v0} \cdot \tan \delta = \beta \cdot \sigma_{v0}$												
<p>Tabella 17.7 - Profondità critica, Z_c, in funzione dello stato di addensamento della sabbia</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Stato di addensamento</th> <th>Z_c / D</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Sabbia molto sciolta</td> <td>7</td> </tr> <tr> <td>Sabbia sciolta</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>Sabbia media</td> <td>14</td> </tr> <tr> <td>Sabbia densa</td> <td>16</td> </tr> <tr> <td>Sabbia molto densa</td> <td>20</td> </tr> </tbody> </table>				Stato di addensamento	Z_c / D	Sabbia molto sciolta	7	Sabbia sciolta	10	Sabbia media	14	Sabbia densa	16	Sabbia molto densa	20	<p>L'applicazione dell'Eq. (17.7) per il calcolo delle tensioni tangenziali d'attrito di un palo in terreno sabbioso porta ad assumere una crescita lineare di τ_s con la tensione verticale efficace, e quindi con la profondità, che non è in realtà verificata. Probabilmente a causa di fenomeni d'arco (<i>effetto silo</i>), la tensione efficace orizzontale nel terreno a contatto con il palo σ'_h, e quindi anche τ_s, crescono meno che linearmente con la profondità e tendono a stabilizzarsi ad una profondità critica dipendente dal diametro del palo e dallo stato di addensamento del terreno (Tabella 17.7).</p>
Stato di addensamento	Z_c / D															
Sabbia molto sciolta	7															
Sabbia sciolta	10															
Sabbia media	14															
Sabbia densa	16															
Sabbia molto densa	20															

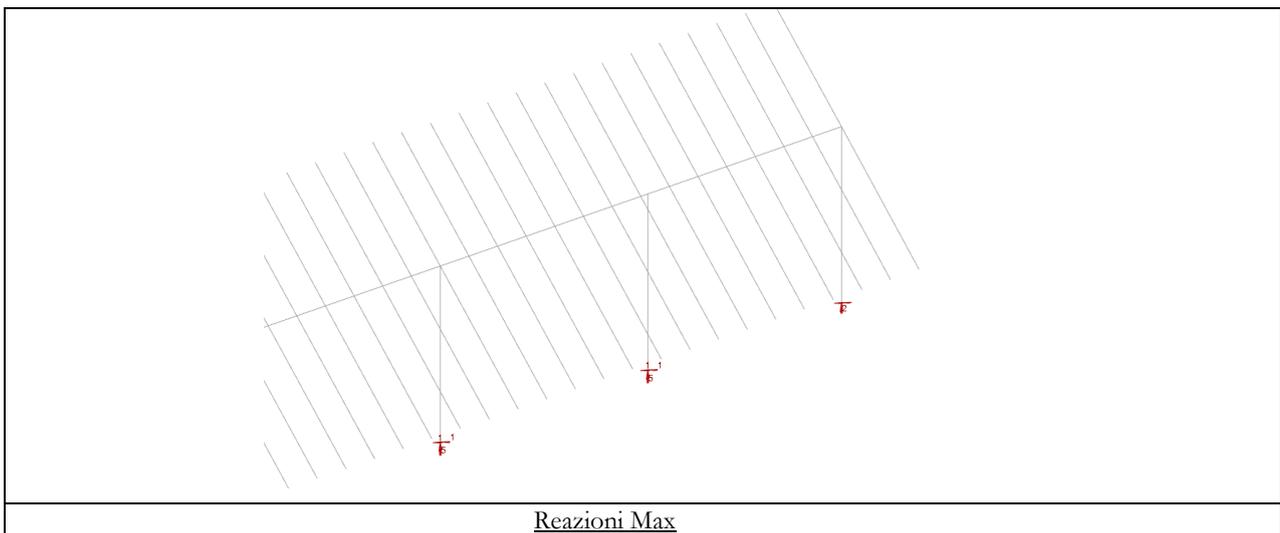
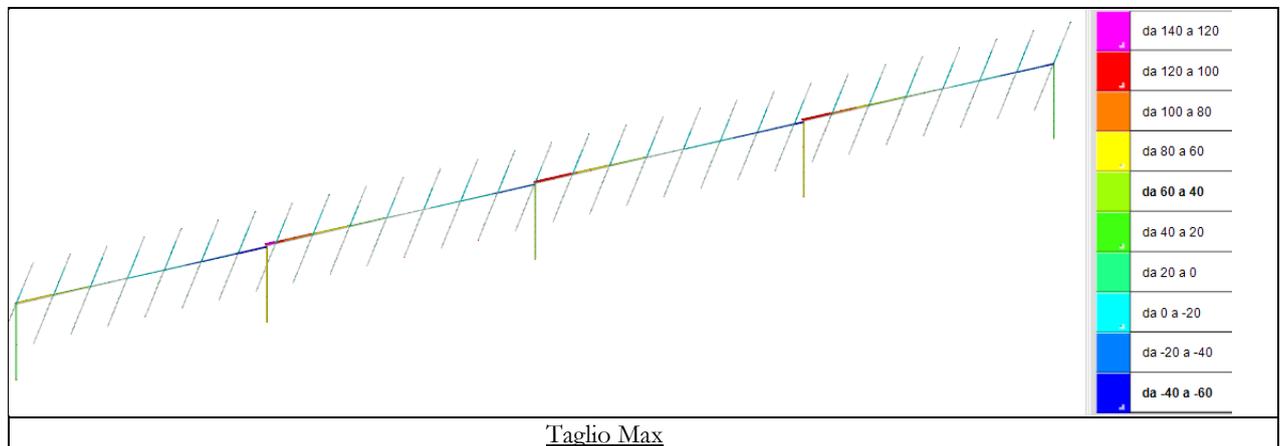
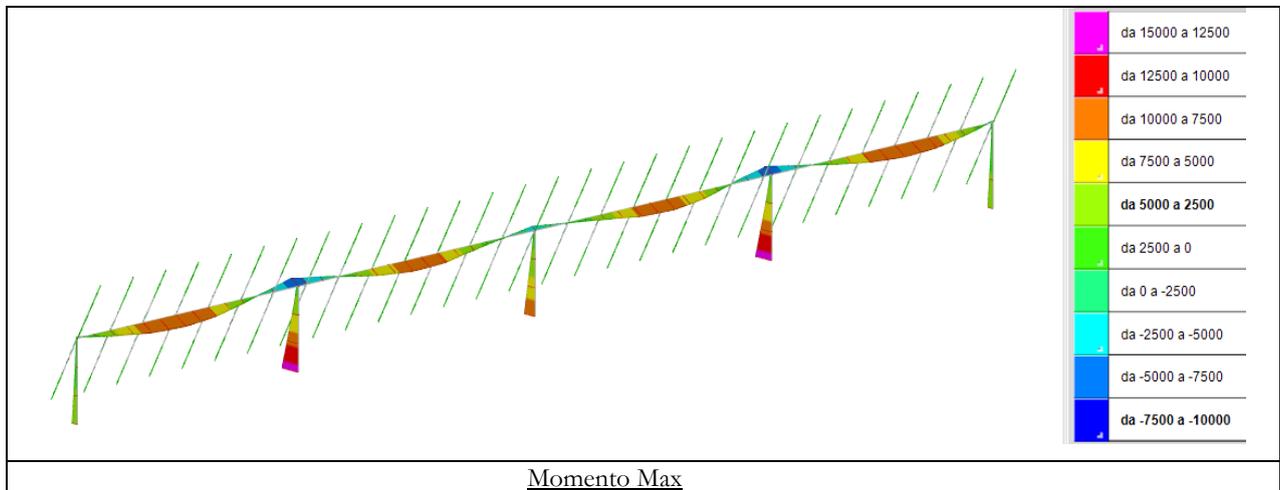
Tabella 17.6: Valori di K e di $\tan \delta$ per pali di medio diametro in terreno incoerente

Tipo di palo	Valori di K		Valori di $\tan \delta$	
	per stato di addensamento sciolto	denso		
Battuto	profilato in acciaio	0.7	1.0	$\tan 20^\circ = 0.36$
	tubo d'acciaio chiuso	1.0	2.0	$\tan(0.75\phi')$
	cls. prefabbricato	1.0	2.0	
	cls. gettato in opera	1.0	3.0	$\tan \phi'$
	trivellato	0.4	0.5	$\tan \phi'$
	trivellato-pressato con elica continua	0.7	0.9	$\tan \phi'$

τ_s	=	K	σ'_{v0}	$\tan \delta$	=	13,3	kN/m^2
			0,7	52,84		0,36	
Z_c		2,8	m				
γ		26,42	kN/m^3				
Diametro (D)		0,2	m				
Z_c/D		14					
H palo		2	m				
						Td = 21,31	kN

$$T_d = 21,31 \text{ kN} > R_{\max}$$

6 Sintesi sollecitazioni





DEVELOPMENT



MR WIND S.r.l.

Sede: Via A. Manzoni, 31 – 84091 Battipaglia (SA)
www.mrwind.it www.mrwind.eu info@mrwind.it