

# COMUNE DI BRINDISI

Provincia di Brindisi



PROGETTO

**Ingveprogetti** s.r.l.s.

via Geofilo n.7-72023, Mesagne (BR)

email: info@ingveprogetti.it

RESPONSABILE DEL PROGETTO

Ing. Giorgio Vece

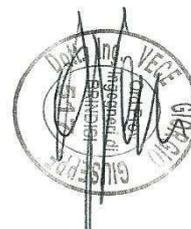
**COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO DI PRODUZIONE ELETTRICA DA FONTE FOTOVOLTAICA, DENOMINATO "VERDESOLARE", SITO NEL COMUNE DI BRINDISI (BR) E DELLE OPERE ED INFRASTRUTTURE CONNESSE NEL COMUNE DI BRINDISI (BR), CON POTENZA NOMINALE PARI A 29.036,00 KWN E POTENZA DI PICCO (POTENZA MODULI) PARI A 35.679,60 KWP.**

Oggetto: Calcoli Preliminari Strutture

ELABORATO:  
6OJRJP2\_CalcoliP  
relStrutture

PROGETTISTA:  
Ing. Giorgio Vece

TIMBRO E FIRMA



STATO DEL PROGETTO

PROGETTO DEFINITIVO PER V.I.A.

N.	DATA	DESCRIZIONE	VERIFICATO	APPROVATO
00	APRILE 2022	Prima emissione	Ing. Giorgio Vece	
01				
02				



OPDENERGY SALENTO 3 S.R.L.

## Sommario

# Sommario

1. PREMESSA.....	4
2. DESCRIZIONE DEL PROGETTO .....	5
3. NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	6
4. ZONIZZAZIONE SISMICA.....	7
5. AZIONE DEL VENTO.....	8
6. AZIONE DELLE NEVE.....	8
6.1 Caratterizzazione geotecnica del terreno.....	9
6.2 Caratterizzazione sismica del sito.....	10
6.3 Caratteristiche geotecniche del sito .....	13
7. REQUISITI DEI MATERIALI IMPIEGATI .....	13
7.1 Leganti idraulici .....	16
7.2 Inerti .....	17
7.3 Classe dei calcestruzzi.....	17
7.4 Acciaio per cemento armato .....	18
7.5 Cabine prefabbricate .....	18
7.6 Fondazione prefabbricata del tipo "VASCA DI FONDAZIONE" .....	20
8. CALCOLO PRELIMINARE SULLE STRUTTURE .....	20
8.1 Descrizione delle fondazioni delle strutture .....	20
8.1.1 Strutture di sostegno.....	21
8.1.2 Zattera appoggio delle fondazioni delle cabine prefabbricate .....	21
8.1.3 Edificio comandi della stazione di utenza.....	21
8.1.4 Recinzione della stazione di utenza.....	21
8.1.5 Basamenti delle strutture elettromeccaniche della S.U.....	22
8.2 Analisi dei Carichi.....	22
8.2.1 Carichi permanenti .....	22
8.2.2 Azione del vento .....	23
8.3 VERIFICA A RIBALTAMENTO STRUTTURE DI SOSTEGNO PANNELLI FOTOVOLTAICI .....	25
8.4 VERIFICA PALI DI ILLUMINAZIONE .....	30
8.4.1 Pesì propri strutturali (G1).....	30
8.4.2 Carichi Permanenti non strutturali (G2) .....	30

<b>INGVEPROGETTI s.r.l.s</b> Società di ingegneria	<b>PROGETTO INTEGRATO FOTOVOLTAICO-          AGRICOLO “VERDESOLARE”- Brindisi-          Calcoli Preliminari Strutture</b>	<b>OPDENERGY</b> Salento 3 Srl
-------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------

8.4.3	Carichi variabili (Q) .....	30
8.4.5	Verifica fondazione sostegno corpo illuminante .....	31
8.5	VERIFICA DELLE STRUTTURE DELLA S.U. ....	34
8.5.1	Edificio comandi .....	34
8.5.2	Basamento Trasformatore.....	43
8.5.3	Fondazioni opere elettromeccaniche .....	44

## 1. PREMESSA

La seguente relazione ha lo scopo di valutare il predimensionamento e la verifica delle opere strutturali previste nel progetto integrato "VERDESOLARE".

Il progetto interessa il comune di Brindisi in località "CERRITO".

L'impianto fotovoltaico è un impianto unico; per la realizzazione della connessione, come prevista dal Preventivo di connessione (STMG Codice Rintracciabilità 201900587) del gestore della TRN, il generatore fotovoltaico, a mezzo di una Stazione di Elevazione e successiva linea di connessione interrata in AT, sarà collegato alla S.E. Brindisi SUD.

L'impianto fotovoltaico di potenza nominale pari a 29.036,00 KWn e potenza di picco pari a 35.679,60 kWp, sarà del tipo ad inseguimento solare monoassiale. Attraverso idonee linee interrate i moduli fotovoltaici si congiungeranno alle cabine di conversione e trasformazione.

Proponente dell'impianto fotovoltaico è la OPDENERGY Salento 3 S.R.L., con sede in L.Rotonda Giuseppe Antonio Torri, 9, 40127 Bologna (BO).

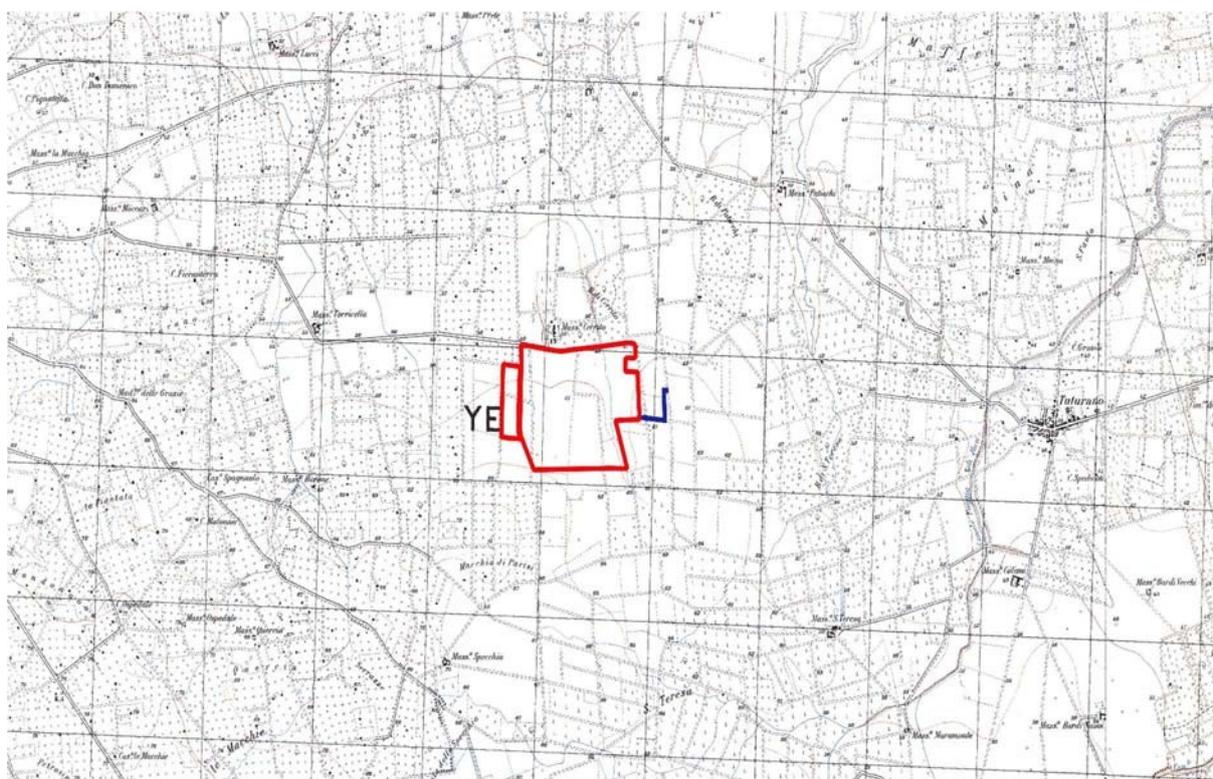


Fig.1

## 2. DESCRIZIONE DEL PROGETTO

L'impianto fotovoltaico prevede i seguenti elementi strutturali con funzione portane:

- n. 941 strutture di sostegno dei pannelli fotovoltaici ad inseguimento solare con asse di rotazione N-S;
- n. 28 cabine prefabbricate con vasca di fondazione anche essa prefabbricata da ubicare all'interno della proprietà secondo le posizioni indicate nell'elaborato planimetria di impianto;
- Strutture di sostegno dei pannelli;
- Edificio comandi della Stazione di Utanza;
- Cabine prefabbricate della Stazione di Utanza;

Le cabine prefabbricate sono omologate e dotate di "Attestato di Qualificazione per la Produzione di componenti prefabbricati in c.a/c.a.p." rilasciato dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

Per esse l'attività in opera in c.a. è la zattera di appoggio non è soggetta a deposito dei calcoli in c.a. né a calcolo statico.

Le strutture metalliche di sostegno sono di tipo realizzate in stabilimento con fondazioni vibro-infisse. Il dimensionamento delle strutture di sostegno segue la direttiva macchine.

La struttura di sostegno deve essere in grado di:

- ✓ reggere il peso proprio (dei pannelli e delle relative strutture di sostegno)
- ✓ carico neve
- ✓ azione del vento
- ✓ azioni sismiche

Il fissaggio al suolo della strutture portamoduli avviene mediante l'utilizzo di un sistema di ancoraggio al suolo denominato "T-Block" (Fig.2). Si presenta come una grossavite autofilettante che penetra nel terreno fino ad una profondità di 1,6 m.

Il T-Block viene piantato nel terreno, grazie ad un apposito macchinario, nel punto desiderato costituendo un punto di ancoraggio fermo capace di contrastare il momento di ribaltamento e l'azione di scivolamento indotta dalla sollecitazione del vento posteriore.

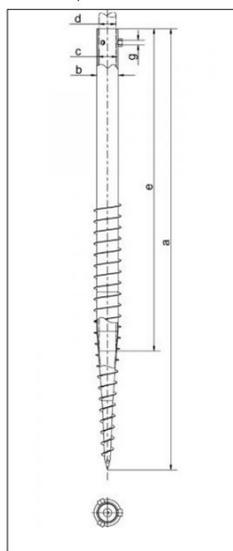


Fig . 2

### 3. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- D.M. 17/01/2018 – Aggiornamento delle “Norme Tecniche per le Costruzioni” (NTC2018);
- O.P.C.M. n. 3519 del 28/04/2006 - Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone
- O.P.C.M. n. 3431 del 03/05/2005 - Ulteriori modifiche ed integrazioni all'ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003, recante “Prime elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica”
- D.G.R. n. 260 del 07/03/2005 – “L.R. 20/00 – O.P.C.M. 3274/03 – Individuazione delle zone sismiche del territorio regionale e relativi adempimenti – Recepimento O.P.C.M. n. 3379/04 – Prolungamento del periodo temporale stabilito con il 7° disposto della deliberazione G.R. n. 153/04”
- D.G.R. n. 597 del 27/04/2004 – “L.R. 20/00 - O.P.C.M. 3274/03 - Individuazione delle zone sismiche del territorio regionale e relativi adempimenti - Recepimento O.P.C.M. n. 3333/04 e conseguente rettifica della deliberazione G.R. n. 153/04”
- D.G.R. n. 153 del 02/03/2004 - L.R. 20/00. O.P.C.M. 3274/03. Individuazione delle zone sismiche del territorio regionale e delle tipologie di edifici ed opere strategici e rilevanti.

Approvazione del programma temporale e delle indicazioni per le verifiche tecniche da effettuarsi sugli stessi

- D.M. 16/01/1996 - Norme tecniche relative ai Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e dei sovraccarichi, e relativa Circolare Ministeriale n. 156 del 04/07/1996;
- Lg. n. 64 del 02/02/1974 - Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche
- Lg. n. 1086 del 05/11/1971 - Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica;
- Allegato alla Lg. n. 1684 del 25/11/1962 - Elenco dei Comuni e frazioni e parti di Comune nei quali è obbligatoria l'osservanza delle norme tecniche di edilizia per le località sismiche della 1ª e della 2ª categoria;

#### 4. ZONIZZAZIONE SISMICA

Con l'ordinanza n° 3274 del 20/03/2003 del Presidente del Consiglio dei Ministri, modificata dall'OPCM n° 3431 del 03/05/2005 sono approvati i "Criteri per l'individuazione delle zone sismiche – individuazione, formazione e aggiornamento degli elenchi delle medesime zone", nonché le connesse "Norme tecniche per il progetto, la valutazione e l'adeguamento sismico degli edifici", "Norme tecniche per il progetto sismico dei ponti" e "Norme tecniche per il progetto sismico delle opere di fondazione e sostegno dei terreni". Secondo la nuova classificazione sismica dei comuni italiani il territorio di Brindisi rientra nelle "Zone sismiche 4".



## 5. AZIONE DEL VENTO

Per l'azione del vento sono state prese in considerazione quelle delle NTC 2018 ossia:

1. Tipologia di struttura: Strutture isolate
2. Zona di riferimento: Zona 3 (Toscana, Marche, Umbria, Lazio, Abruzzo, Molise, Puglia, Campania, Basilicata, Calabria (esclusa la provincia di Reggio Calabria))



In zona 3 abbiamo i seguenti parametri:

- ✓ coefficiente di esposizione: In mancanza di analisi specifiche, la categoria di esposizione è assegnata in funzione della posizione geografica del sito ove sorge la costruzione e della classe di rugosità del terreno nelle fasce entro i 40 km dalla costa delle zone 1, 2, 3, 4, 5 e 6, la categoria di esposizione è indipendente dall'altitudine del sito
- ✓ Rugosità del terreno: Classe D (Aree prive di ostacoli (aperta campagna, aeroporti, aree agricole, pascoli, zone paludose o sabbiose, superfici innevate o ghiacciate, mare, laghi,...))

## 6. AZIONE DELLE NEVE

Per l'azione della neve sono state prese in considerazione quelle delle NTC 2018 ossia: Il comune di Brindisi si colloca in zona 3

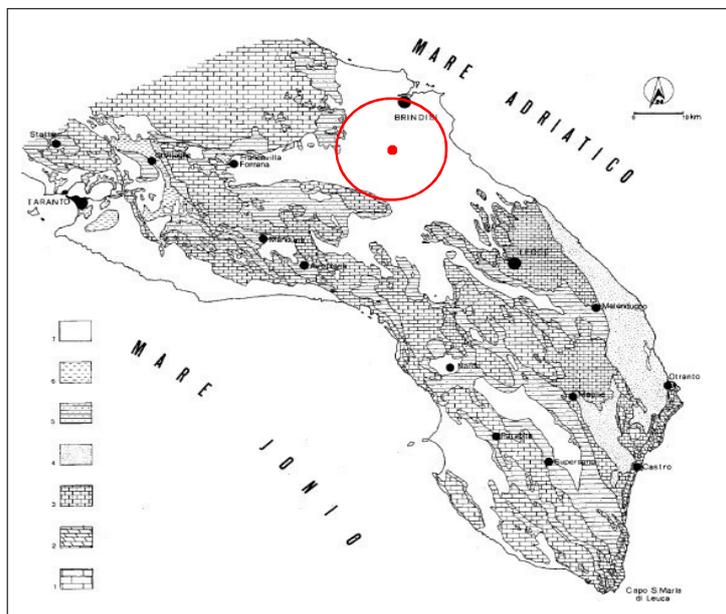
<b>Zona III</b> Agrigento, Brindisi, Cagliari, Caltanissetta, Carbonia-Iglesias, Caserta, Catania, Catanzaro, Cosenza, Crotone, Enna, Grosseto, Latina, Lecce, Livorno, Matera, Medio Campidano, Messina, Napoli, Nuoro, Ogliastra, Olbia-Tempio, Oristano, Palermo, Pisa, Potenza, Ragusa, Reggio Calabria, Roma, Salerno, Sassari, Siena, Siracusa, Taranto, Terni, Trapani, Vibo Valentia, Viterbo	$q_{sk} = 0,60 \text{ kN/m}^2$ $q_{sk} = 0,51 [1 + (a_s/48)^2] \text{ kN/m}^2$	$a_s \leq 200 \text{ m}$ $a_s > 200 \text{ m}$
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------



## 6.1 Caratterizzazione geotecnica del terreno

L'area oggetto dell'intervento progettuale, situata nella penisola salentina è caratterizzata da una serie di "Horst" e "Graben", di varia estensione, generalmente orientati in direzione NO e SE.

In particolare, l'area rappresenta la zona centro-settentrionale della "Piana di Brindisi" (nota anche come Conca di Brindisi), una vasta depressione di origine tettonica distensiva delle rocce carbonatiche mesozoiche che, dall'entroterra intorno a Francavilla Fontana, si apre verso il mare Adriatico; tale depressione, a



"gradinata", colmata dai depositi del "Ciclo della Fossa Bradanica" e dai "Depositi marini" terrazzati (Ciaranfi et al, 1992).

Dal punto di vista morfologico l'area oggetto dell'intervento progettuale, ubicata ad una quota topografica di circa 62,00 mt s.l.m.m., si presenta generalmente pianeggiante e caratterizzata da deboli pendenze 0,5 ¼ 2 % molto lievi e poco apprezzabili.

Dai rilievi di superficie eseguiti si evince come l'area in oggetto non mostri evidenze strutturali che lascino intendere alla presenza di aree di instabilità morfologica e/o possibili forme dovute a fenomeni carsici di qualche interesse (cavità, ...).

Schematizzando pertanto la stratigrafia locale si può affermare che al di sotto di una più o meno spessa copertura vegetale di terreno alterato, si evidenziano condizioni geologiche piuttosto semplici ed uniformi; nelle sue linee essenziali lo schema stratigrafico dell'area indagata, può essere distinta, in ordine cronologico dalla più antica alla più recente, come segue:

Calcarea di Altamura (Cretacico sup.: Turoniano sup. - Maastrichtiano)

Calcareniti di Gravina (Pleistocene sup. – Pleistocene inf.)

Argille subappenniniche (Pleistocene inf.)

Depositi marini terrazzati (Pleistocene medio-superiore)

d1. Alternanza di livelli sabbiosi e di calcarea organogeno definito "Panchina" d2. Sabbie e limi più o meno argillosi

Depositi recenti ed attuali (alluvionali e costieri)

## 6.2 Caratterizzazione sismica del sito

Dall'analisi sismica in sito, eseguita dal dott. Geologo Dario Fischetto, effettuata tramite la metodologia Re.Mi. (Refraction Microtremor) e MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) di cui sopra ci si è ricavati un valore di VS30, che considerando che nell'area di studio la profondità del substrato è superiore a 30 m, coincide con la velocità equivalente delle onde di taglio VS,eq, sulla base della quale è possibile classificare il sottosuolo di fondazione come segue:

INGVEPROGETTI s.r.l.s Società di ingegneria	<b>PROGETTO INTEGRATO FOTOVOLTAICO- AGRICOLA "VERDESOLARE"- Brindisi- Calcoli Preliminari Strutture</b>	<b>OPDENERGY Salento 3 Srl</b>
------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------

Tabella: Classificazione della categoria di sottosuolo

<b>V<sub>Seq</sub></b> (m/s)	<b>Descrizione</b>	<b>Stima categoria sottosuolo</b>
<b>494,00</b>	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.	<b>B</b>

Per condizioni topografiche complesse è necessario predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale. Per configurazioni superficiali semplici si può adottare la seguente classificazione (Tab. 3.2.III-NTC-2018): Tabella 3.2.III –  
Categorie topografiche

CATEGORIA	CARATTERISTICHE DELLA SUPERFICIE TOPOGRAFICA
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

Trovandoci in condizioni superficiali semplici sulla base di quanto sopra esposto, è possibile classificare le condizioni topografiche dell'area indagata come rientranti nella categoria T1 "Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media  $i \leq 15^\circ$ ".

I parametri sismici  $v_{1.5}$  associati a ciascun stato limite secondo le NTC 2018 e la Circolare Ministeriale n. 7 del 21.01.2019, sono:

PARAMETRO	VALORE
Tipo di costruzione (Tab. 2.4.I NTC-2018)	2. Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale
Vita nominale di progetto ( $V_N$ ) (Tab. 2.4.INTC-2018)	Valore minimo $V_N \geq 50$ anni
Classe d'uso dell'opera (§ 2.4.2 NTC-2018)	Classe II - Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali,....
Coefficiente d'uso (§ 2.4.2 NTC-2018, Tab. 2.4.II)	$C_u = 1,0$
Categoria di sottosuolo (§ 3.2.2 NTC-2018 Tab. 3.2.II)	B ( $V_{S,eq} = 416,00$ m/s)
Categoria topografica (§ 3.2.2 NTC-2018 Tab. 3.2.III)	T1
Periodo di riferimento per l'azione sismica (§ 2.4.3 NTC-2018 Tab. 2.4.II)	$V_R = V_N \cdot C_u = 50$ anni
Classificazione sismica (Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n°3274/03 come recepita dalla Regione Puglia con DGR n.153 del 02.03.2004) come da figura di seguito riportata	Comune di Brindisi (BR) – ZONA 4

PARAMETRO	VALORE			
Coordinate geografiche del sito espresse in WGS84	Latitudine: 40.227713° Longitudine: 18.154912°			
Coordinate geografiche del sito espresse in ED50	Latitudine: 40.169834° Longitudine: 18.155688°			
Punti della maglia	1	35480	2	35481
	3	35703	4	35702

PARAMETRI SISMICI:

STATO LIMITE	Probabilità di superamento (%)	$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_0$ [-]	$T_c^*$ [s]
SLO	81	30	0,014	2,412	0,157
SLD	63	50	0,019	2,405	0,208
SLV	10	475	0,052	2,385	0,489
SLC	5	975	0,068	2,474	0,540

SLO=Stato Limite di Operatività - SLD=Stato Limite di Danno - SLV=Stato Limite di salvaguardia della Vita - SLC=Stato Limite di prevenzione del Collasso -  $T_R$ =Tempo di ritorno -  $a_g$ =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.

COEFFICIENTI SISMICI:

STATO LIMITE	$S_s$ [-]	$C_c$ [-]	$S_T$ [-]	$K_h$ [-]	$K_v$ [-]	$A_{max}$ [m/s <sup>2</sup> ]	Beta [-]
SLO	1,200	1,590	1,000	0,003	0,002	0,166	0,200
SLD	1,200	1,510	1,000	0,005	0,002	0,222	0,200
SLV	1,200	1,270	1,000	0,013	0,006	0,615	0,200
SLC	1,200	1,240	1,000	0,016	0,008	0,800	0,200

$S_s$ =coefficiente di amplificazione stratigrafica -  $S_T$ =coefficiente di amplificazione topografica -  $C_c$ =coefficiente funzione della categoria di sottosuolo -  $K_h$ =Coefficiente sismico orizzontale -  $K_v$ =Coefficiente sismico verticale -  $A_{max}$ =Accelerazione orizzontale massima attesa - Beta=Coefficiente di riduzione per Amax.

INGVEPROGETTI s.r.l.s Società di ingegneria	<b>PROGETTO INTEGRATO FOTOVOLTAICO- AGRICOLA "VERDESOLARE"- Brindisi- Calcoli Preliminari Strutture</b>	<b>OPDENERGY Salento 3 Srl</b>
------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------

### 6.3 Caratteristiche geotecniche del sito

Principali parametri fisico-meccanici che caratterizzano il modello geotecnico dei depositi indagati, idonei ad ospitare le opere in progetto, sono sintetizzati nella tabella seguente:

LITOLOGIA (ORIZZONTE)	PROFONDITA' dal P.C. (mt)		PARAMETRI GEOTECNICI	CORRELAZIONE	VALORE
	DA	A			
TERRENO VEGETALE (ORIZZONTE 1)	0,00	0,60	=	=	=
DEPOSITO LIMO SABBIOSO POCO ADDENSATO (ORIZZONTE 2)	0,60	1,60	Coesione (C)	[Terzaghi-Peck]	0,0 (Kg/cm <sup>2</sup> )
			Angolo di attrito	[Sower 1961]	29°
			Modulo Elastico (di Young)	[Schmertmann (1978)]	36,09 Kg/cm <sup>2</sup>
			Modulo Edometrico	[Menzenbach e Malcev]	59,31 (Kg/cm <sup>2</sup> )
			Modulo di Poisson	A.G.I.	0,34
			Classificazione AGI (1977)	AGI (1977)	POCO ADDENSATO
			Peso unità di volume naturale ( $\gamma$ )	[Terzaghi-Peck 1948-1967]	1,58 (t/mc)
			Peso unità di volume saturo ( $\gamma_s$ )	[Terzaghi-Peck 1948-1967]	1,89 (t/mc)
			Coefficiente spinta a Riposo $K_0 = \sigma_h / \sigma_v$	[Navfac 1971-1982]	1,22
			Falda profondità dal p.c.		=

L'area di interesse, al di sotto di una più o meno spessa copertura di terreno vegetale alterato, è caratterizzata dalla presenza in affioramento di deposito limo sabbioso.

Dall'analisi precedente si può quindi ipotizzare, per la buona tenuta statica delle opere in oggetto ed evitare il verificarsi di cedimenti differenziali del terreno di fondazione non compatibili con la capacità di resistenza delle strutture in elevazione, la realizzazione di fondazioni dirette attestate a profondità superiore ai 0,60 mt dal p.c. o per quanto riguarda i moduli fotovoltaici, attraverso tracker fissati al terreno tramite pali infissi e/o battuti.

### 7. REQUISITI DEI MATERIALI IMPIEGATI

Tutti i materiali strutturali impiegati devono essere muniti di marcatura "CE", ed essere conformi alle prescrizioni del "REGOLAMENTO (UE) N. 305/2011 DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO del 9 marzo 2011", in merito ai prodotti da costruzione.

Per la realizzazione dell'opera in oggetto saranno impiegati i seguenti materiali:

### MATERIALI CALCESTRUZZO ARMATO

N <sub>id</sub>	γ <sub>k</sub> [N/m <sup>3</sup> ]	α <sub>T,i</sub> [1/°C]	E [N/mm <sup>2</sup> ]	G [N/mm <sup>2</sup> ]	C <sub>Erid</sub> [%]	Stz	R <sub>ck</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	R <sub>cm</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	%R <sub>ck</sub>	γ <sub>c</sub>	Caratteristiche calcestruzzo armato				
											f <sub>cd</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	f <sub>ctd</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	f <sub>cfm</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	N	n Ac
<b>Clc C25/30_B450C - (C25/30)</b>															
001	25.000	0,000010	31.447	13.103	60	P	30,00	-	0,85	1,50	14,11	1,19	3,07	15	002

#### LEGENDA:

- N<sub>id</sub>** Numero identificativo del materiale, nella relativa tabella dei materiali.  
**γ<sub>k</sub>** Peso specifico.  
**α<sub>T,i</sub>** Coefficiente di dilatazione termica.  
**E** Modulo elastico normale.  
**G** Modulo elastico tangenziale.  
**C<sub>Erid</sub>** Coefficiente di riduzione del Modulo elastico normale per Analisi Sismica [E<sub>sisma</sub> = E · C<sub>Erid</sub>].  
**Stz** Tipo di situazione: [F] = di Fatto (Esistente); [P] = di Progetto (Nuovo).  
**R<sub>ck</sub>** Resistenza caratteristica cubica.  
**R<sub>cm</sub>** Resistenza media cubica.  
**%R<sub>ck</sub>** Percentuale di riduzione della R<sub>ck</sub>.  
**γ<sub>c</sub>** Coefficiente parziale di sicurezza del materiale.  
**f<sub>cd</sub>** Resistenza di calcolo a compressione.  
**f<sub>ctd</sub>** Resistenza di calcolo a trazione.  
**f<sub>cfm</sub>** Resistenza media a trazione per flessione.  
**n Ac** Identificativo, nella relativa tabella materiali, dell'acciaio utilizzato: [-] = parametro NON significativo per il materiale.

### MATERIALI ACCIAIO

N <sub>id</sub>	γ <sub>k</sub> [N/m <sup>3</sup> ]	α <sub>T,i</sub> [1/°C]	E [N/mm <sup>2</sup> ]	G [N/mm <sup>2</sup> ]	Stz	Caratteristiche acciaio										
						f <sub>yk,1</sub> / f <sub>yk,2</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	f <sub>tk,1</sub> / f <sub>tk,2</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	f <sub>yd,1</sub> / f <sub>yd,2</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	f <sub>td</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	γ <sub>s</sub>	γ <sub>M1</sub>	γ <sub>M2</sub>	γ <sub>M3,SLV</sub>	γ <sub>M3,SLE</sub>	γ <sub>M7</sub> NCnt Cnt	
<b>Acciaio B450C - (B450C)</b>																
002	78.500	0,000010	210.000	80.769	P	450,00	-	391,30	-	1,15	-	-	-	-	-	

#### LEGENDA:

- N<sub>id</sub>** Numero identificativo del materiale, nella relativa tabella dei materiali.  
**γ<sub>k</sub>** Peso specifico.  
**α<sub>T,i</sub>** Coefficiente di dilatazione termica.  
**E** Modulo elastico normale.  
**G** Modulo elastico tangenziale.  
**Stz** Tipo di situazione: [F] = di Fatto (Esistente); [P] = di Progetto (Nuovo).  
**f<sub>tk,1</sub>** Resistenza caratteristica a Rottura (per profili con t ≤ 40 mm).  
**f<sub>tk,2</sub>** Resistenza caratteristica a Rottura (per profili con 40 mm < t ≤ 80 mm).  
**f<sub>td</sub>** Resistenza di calcolo a Rottura (Bulloni).  
**γ<sub>s</sub>** Coefficiente parziale di sicurezza allo SLV del materiale.  
**γ<sub>M1</sub>** Coefficiente parziale di sicurezza per instabilità.  
**γ<sub>M2</sub>** Coefficiente parziale di sicurezza per sezioni tese indebolite.  
**γ<sub>M3,SLV</sub>** Coefficiente parziale di sicurezza per scorrimento allo SLV (Bulloni).  
**γ<sub>M3,SLE</sub>** Coefficiente parziale di sicurezza per scorrimento allo SLE (Bulloni).  
**γ<sub>M7</sub>** Coefficiente parziale di sicurezza per precarico di bulloni ad alta resistenza (Bulloni - NCnt = con serraggio NON controllato; Cnt = con serraggio controllato). [-] = parametro NON significativo per il materiale.  
**f<sub>yk,1</sub>** Resistenza caratteristica allo snervamento (per profili con t ≤ 40 mm).  
**f<sub>yk,2</sub>** Resistenza caratteristica allo snervamento (per profili con 40 mm < t ≤ 80 mm).  
**f<sub>yd,1</sub>** Resistenza di calcolo (per profili con t ≤ 40 mm).  
**f<sub>yd,2</sub>** Resistenza di calcolo (per profili con 40 mm < t ≤ 80 mm).  
**NOTE** [-] = Parametro non significativo per il materiale.

### TENSIONI AMMISSIBILI ALLO SLE DEI VARI MATERIALI

Materiale	SL	Tensioni ammissibili allo SLE dei vari materiali	
		Tensione di verifica	σ <sub>d,amm</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]
Clc C25/30_B450C	Caratteristica(RARA)	Compressione Calcestruzzo	14,94
	Quasi permanente	Compressione Calcestruzzo	11,21
Acciaio B450C	Caratteristica(RARA)	Trazione Acciaio	360,00

#### LEGENDA:

- SL** Stato limite di esercizio per cui si esegue la verifica.  
**σ<sub>d,amm</sub>** Tensione ammissibile per la verifica.

## TERRENO DI FONDAZIONE

Le proprietà meccaniche dei terreni sono state investigate mediante specifiche prove mirate alla misurazione della velocità delle onde di taglio negli strati del sottosuolo. In particolare, è stata calcolata una velocità di propagazione equivalente delle onde di taglio con la seguente relazione (eq. [3.2.1] D.M. 2018):

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}}$$

dove:

- $h_i$  è lo spessore dell'i-simo strato;
- $V_{S,i}$  è la velocità delle onde di taglio nell'i-simo strato;
- N è il numero totale di strati investigati;
- H è la profondità del substrato con  $V_S \geq 800$  m/s.

Le proprietà dei terreni sono, quindi, state ricondotte a quelle individuate nella seguente tabella, ponendo  $H = 30$  m nella relazione precedente ed ottenendo il parametro  $V_{S,30}$ .

**Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato (Tab. 3.2.II D.M. 2018)**

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> , caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D</i> , con profondità del substrato non superiore a 30 m.

La caratterizzazione geotecnica del sito a seguito delle indagini in loco è riportata nella tabella sottostante.

LITOLOGIA (ORIZZONTE)	PROFONDITA' dal P.C. (mt)		PARAMETRI GEOTECNICI	CORRELAZIONE	VALORE
	DA	A			
TERRENO VEGETALE (ORIZZONTE 1)	0,00	0,60	=	=	=
DEPOSITO LIMO SABBIOSO POCO ADDENSATO (ORIZZONTE 2)	0,60	1,60	Coazione (C)	[Terzaghi-Peck]	0,0 (Kg/cm <sup>2</sup> )
			Angolo di attrito	[Sower 1961]	29°
			Modulo Elastico (di Young)	[Schmertmann (1978)]	36,09 Kg/cm <sup>2</sup>
			Modulo Edometrico	[Menzenbach e Malcev]	59,31 (Kg/cm <sup>2</sup> )
			Modulo di Poisson	A.G.I.	0,34
			Classificazione AGI (1977)	AGI (1977)	POCO ADDENSATO
			Peso unità di volume naturale (γ)	[Terzaghi-Peck 1948-1967]	1,58 (t/mc)
			Peso unità di volume saturo (γ <sub>s</sub> )	[Terzaghi-Peck 1948-1967]	1,89 (t/mc)
			Coefficiente spinta a Riposo K <sub>0</sub> =SigmaH/P0	[Navfac 1971-1982]	1,22
			Falda profondità dal p.c.	=	NON RILEVATA
DEPOSITO SABBIOSO LIMOSO MODERATAMENTE ADDENSATO (ORIZZONTE 3)	1,60	3,00	Coazione (C)	[Terzaghi-Peck]	0 (Kg/cm <sup>2</sup> )
			Angolo di attrito	[Sower 1961]	30°
			Modulo Elastico (di Young)	[Schmertmann (1978)]	64,93 (Kg/cm <sup>2</sup> )
			Modulo Edometrico	[Menzenbach e Malcev]	75,52 (Kg/cm <sup>2</sup> )
			Modulo di Poisson	A.G.I.	0,33
			Classificazione AGI (1977)	AGI (1977)	MODERATAMENTE ADDENSATO
			Peso unità di volume naturale (γ)	[Terzaghi-Peck 1948-1967]	1,75 (t/mc)
			Peso unità di volume saturo (γ <sub>s</sub> )	[Terzaghi-Peck 1948-1967]	1,92 (t/mc)
			Coefficiente spinta a Riposo K <sub>0</sub> =SigmaH/P0	[Navfac 1971-1982]	2,23
			Falda superficiale dal p.c.	=	NON RILEVATA
DEPOSITO SABBIOSO DEBOLMENTE LIMOSO CON LA PRESENZA DI Trovanti e LIVELLI ARENITICI MODERATAMENTE ADDENSATO (ORIZZONTE 4)	3,00	7,00	Coazione (C)	[Terzaghi-Peck]	0,0 (Kg/cm <sup>2</sup> )
			Angolo di attrito	[Sower 1961]	32°
			Modulo Elastico (di Young)	[Schmertmann (1978)]	94,60 Kg/cm <sup>2</sup>
			Modulo Edometrico	[Menzenbach e Malcev]	92,20 (Kg/cm <sup>2</sup> )
			Modulo di Poisson	A.G.I.	0,32
			Classificazione AGI (1977)	AGI (1977)	MODERATAMENTE ADDENSATO
			Peso unità di volume naturale (γ)	[Terzaghi-Peck 1948-1967]	1,89 (t/mc)
			Peso unità di volume saturo (γ <sub>s</sub> )	[Terzaghi-Peck 1948-1967]	1,96 (t/mc)
			Coefficiente spinta a Riposo K <sub>0</sub> =SigmaH/P0	[Navfac 1971-1982]	3,19
			Falda profondità dal p.c.	=	NON RILEVATA

I leganti idraulici da impiegare devono essere conformi alle prescrizioni e definizioni contenute nella Legislazione vigente ed alla norma UNI 9858 e UNI ENV 197-1. Per le opere destinate ad ambiente umido deve essere utilizzato cemento tipo pozzolanica. Il dosaggio minimo di cemento per m<sup>3</sup> di calcestruzzo deve essere determinato in funzione del diametro minimo degli inerti, secondo la Norma UNI 8981, Parte Seconda, sulla durabilità del calcestruzzo.

## 7.2 Inerti

Gli inerti potranno provenire sia da cave naturali che dalla frantumazione di rocce di cave coltivate con esplosivo e potranno essere sia di natura silicea che calcarea, purché di alta resistenza alle sollecitazioni meccaniche. Saranno accuratamente vagliati e lavati, privi di sostanze terrose ed organiche, provenienti da rocce non scistose, né gelive opportunamente miscelati con sabbia di fiume silicea, aspra al tatto, di forma angolosa e granulometricamente assortita.

Dovranno soddisfare i requisiti richiesti nel Decreto Ministeriale del 9/01/96 "Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche ed essere conformi alle prescrizioni relative alla Categoria A della Norma UNI 8520.

La granulometria degli inerti deve essere scelta in modo tale che il calcestruzzo possa essere gettato e compattato attorno alle barre senza pericolo di segregazione (UNI 9858) ed in particolare:

7.2.1 D15 per spessori di calcestruzzo minori o uguali a 15 cm

7.2.2 D30 per spessori di calcestruzzo maggiori di 15 cm

## 7.3 Classe dei calcestruzzi

La conformità degli inerti e delle miscele di inerti a quanto prescritto dalle Norme sopra citate deve essere comprovata da apposite prove condotte da un Laboratorio Ufficiale, il quale ne deve rilasciare attestato mediante Relazione Tecnica che dovrà essere esibita alla D.L. dall'Appaltatore.

#### 7.4 Acciaio per cemento armato

L'acciaio dovrà corrispondere alle caratteristiche specifiche dalle NTC 2018. Sarà impiegato acciaio in barre ad aderenza migliorata dei tipo:

B450C (acciaio laminato a caldo):

caratterizzato da una tensione di rottura non inferiore a 540 N/mm<sup>2</sup>;  
da una tensione di snervamento non inferiore a 450 N/mm<sup>2</sup> e da un allungamento totale a carico massimo non inferiore al 7,5%;

B450A (acciaio trafilato a freddo):

caratterizzato da una tensione di rottura non inferiore a 540 N/mm<sup>2</sup>;  
da una tensione di snervamento non inferiore a 450 N/mm<sup>2</sup> e da un allungamento totale a carico massimo non inferiore al 3% (minore duttilità rispetto al precedente).

A seconda di quanto previsto negli elaborati di progetto, per tutte le opere, e rete elettrosaldata in vari diametri e maglie, dei tipo conforme alle specifiche dei D.M. sopracitato.

L'Appaltatore dovrà fornire i certificati di controllo come prescritto dalla normativa sopracitata, per ciascuna partita di acciaio approvvigionato, in originale o copia conforme.

#### 7.5 Cabine prefabbricate

La cabina prefabbricata in cemento armato vibrato, realizzata con struttura monolitica autoportante, dovrà essere conforme alla normativa CEI 0-16.

In particolare la struttura prefabbricata in cemento armato vibrato dovrà rispondere alle seguenti normative di riferimento:

- legge 5 novembre 1971 N° 1086 (La nuova disciplina per le opere in conglomerato cementizio armato)
- D.M. 09 Gennaio 1996 (Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in c.a. normale e precompresso e per le strutture metalliche)
- Circolare M.LL.PP. 15 Ottobre 1996 n. 252 (Istruzioni per l'applicazione delle Norme tecniche per il calcolo l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in c.a. normale e precompresso e per le strutture metalliche)
- legge 2 febbraio 1974 N° 64 (Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche)
- D.M. 3 dicembre 1987 (Norme per le costruzioni prefabbricate)

- D.M. 16 gennaio 1996 ( Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche)
- Circolare M.LL.PP. 10 Aprile 1997 n.65 (Istruzioni per l'applicazione delle Norme tecniche in zone sismiche)
- D.M. 16 Gennaio 1996 (Norme tecniche per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi)
- Circolare M.LL.PP. 4 Luglio 1996 n.156 (Istruzioni per l'applicazione delle Norme tecniche per carichi e sovraccarichi)

La Cabina monoblocco è costituita da:

- ❖ Struttura scatolare composta dalle quattro pareti laterali e dal pannello pavimento realizzate con un unico getto di calcestruzzo aventi spessore minimo 70 mm
- ❖ Pannello di copertura in calcestruzzo della struttura avente spessore minimo 80 mm
- ❖ Eventuali pannelli di divisione interna, in calcestruzzo spessore minimo 70 mm, in lamiera o rete spessore minimo 3 mm, a delimitazione dei vari locali (CONSEGNA, Misure, Utente 1, ecc.);

Caratteristiche :

- Calcestruzzo avente classe Rck 350 Kg/cm<sup>2</sup> opportunamente additivato con superfluidificante e con impermeabilizzante idonei a garantire una adeguata protezione contro le infiltrazioni di acqua per capillarità.
- Armatura metallica interna a tutti i pannelli costituita da doppia rete elettrosaldata e ferro nervato, entrambi in FeB44 K controllato.
- Collegamento mediante saldatura di tutte le armature metalliche in modo da realizzare e garantire una maglia equipotenziale di terra uniformemente distribuita in tutta la cabina onde consentire il collegamento elettrico all' impianto di terra esterno.
- Pannello di copertura avente spessore minimo in gronda di cm 8.00 e dimensionato in modo da supportare sovraccarichi accidentali di 400 Kg/mq.
- Pannello di pavimentazione avente spessore minimo di 80 mm e dimensionato in modo da supportare un carico permanente di 500 Kg/mq e i carichi concentrati dei trasformatori di tensione.
- Predisposizione del pannello pavimento di appositi cavedi, per il passaggio dei cavi MT/BT in entrata ed in uscita dalla cabina., e di inserti filettati per il fissaggio delle apparecchiature elettromeccaniche.
- Impermeabilizzazione della copertura mediante l'applicazione a caldo di una guaina bituminosa di mm 4.00 di spessore dopo aver trattato il sottofondo con una mano di Primer.
- Pareti interne, lisce e senza nervature, tinteggiate con pitture al quarzo di colore bianco.

- Pareti esterne, tinteggiate con pitture al quarzo ad effetto bucciato, idonee a resistere agli agenti atmosferici anche in ambiente marino, montano, industriale altamente inquinato.
- La struttura portante dovrà essere dimensionata e calcolata per consentire lo spostamento del monoblocco completo delle apparecchiature elettromeccaniche, trasformatore ad olio compreso;
- Il monoblocco dovrà essere dotato di dispositivi di sollevamento, costituiti da idonei inserti filettati, posizionati nello spessore delle pareti a contatto con il pannello di copertura in modo tale che dopo la posa in opera non rimangano in vista nella superficie esterna delle pareti onde evitare l'ossidazione che potrebbe macchiare e deteriorare il calcestruzzo e il rivestimento esterno; dopo il montaggio i dispositivi dovranno essere opportunamente ingrassati e chiusi con idoneo sistema che ne impedisca l'ossidazione;

Al contempo le cabine monoblocco consentono una facile rimozione per una successiva reinstallazione in altra località.

## 7.6 Fondazione prefabbricata del tipo "VASCA DI FONDAZIONE"

La cabina verrà posata su fondazione prefabbricata tipo vasca avente altezza esterna di cm. 40 (e dotata di fori per tubo corrugato), a frattura prestabilita in modo da consentire l'ingresso e l'uscita dei cavi MT/BT nei quattro lati (attraverso una botola ricavata sul pavimento della Cabina è possibile accedere alla vasca).

Le caratteristiche costruttive e i materiali dovranno essere identici a quelli impiegati per la costruzione della cabina monoblocco.

L'uso della vasca di fondazione prefabbricata permette di eseguire opere edili sul posto veramente limitate in quanto è necessario un semplice scavo e riportare sul fondo uno strato di calcestruzzo magro spianato di 8-10cm o un equivalente strato di sabbia ben costipata.

## 8. CALCOLO PRELIMINARE SULLE STRUTTURE

### 8.1 Descrizione delle fondazioni delle strutture

Le strutture oggetto della presente relazione sono:

- Strutture di sostegno pannelli fotovoltaici;
- Zattera di appoggio delle fondazioni delle cabine prefabbricate;
- Edificio comandi della Stazione di Utenza;

- Recinzione in muratura Stazione di Utente;
- Basamenti e fondazioni parti elettromeccaniche Stazione di Utente;

### 8.1.1 Strutture di sostegno

Le strutture di sostegno dei pannelli fotovoltaici in progetto saranno tutti della tipologia in lamiera di acciaio a sezione poligonale (LAMS/POL) sono costruite in fabbrica e assoggettate alla direttiva Macchine.

Le fondazioni sono realizzate con fondazione vibro-infissa di lunghezza variabile tra 1.5-2.0 mt.

Il fissaggio al suolo della strutture porta-moduli avviene mediante l'utilizzo di un sistema di ancoraggio al suolo denominato "T-Block" . Si presenta come una grossa vite autofilettante che penetra nel terreno fino ad una profondità mediamente di 1,6 m.

Il T-Block viene piantato nel terreno, grazie ad un apposito macchinario, nel punto desiderato costituendo un punto di ancoraggio fermo capace di contrastare il momento di ribaltamento e l'azione di scivolamento indotta dalla sollecitazione del vento posteriore.

### 8.1.2 Zattera appoggio delle fondazioni delle cabine prefabbricate

Le fondazioni delle cabine prefabbricate, come detto sono omologate e dotate di "Attestato di Qualificazione per la Produzione di componenti prefabbricati in c.a/c.a.p." rilasciato dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici e pertanto non soggette a deposito dei calcoli ai sensi delle NTC 2008.

Le fondazioni saranno poggiate su una zattera in c.a. calcolata come platea.

### 8.1.3 Edificio comandi della stazione di utenza

L'edificio comandi della stazione di utenza sarà eseguito in opera con struttura intelaiata in c.a. e solaio in latero-cemento.

La fondazione sarà del tipo a platea in c.a..

### 8.1.4 Recinzione della stazione di utenza

La recinzione della Stazione di utenza sarà eseguita in muratura per un'altezza di 1-1.2 mt sovrastata da pannelli metallici. La fondazione è di tipo nastroforme.

### 8.1.5 Basamenti delle strutture elettromeccaniche della S.U.

I basamenti delle saranno eseguiti come platea in c.a. e riguarderanno:

- Basamento trasformatore
- Basamento stallo
- Basamento parti comuni

## 8.2 Analisi dei Carichi

Un'accurata valutazione dei carichi è un requisito imprescindibile di una corretta progettazione, in particolare per le costruzioni realizzate in zona sismica. Essa, infatti, è fondamentale ai fini della determinazione delle forze sismiche, in quanto incide sulla valutazione delle masse e dei periodi propri della struttura dai quali dipendono i valori delle accelerazioni (ordinate degli spettri di progetto).

La valutazione dei carichi e dei sovraccarichi è stata effettuata in accordo con le disposizioni del punto 3.1 del D.M. 2018. In particolare, è stato fatto utile riferimento alle Tabelle 3.1.I e 3.1.II del D.M. 2018, per i pesi propri dei materiali e per la quantificazione e classificazione dei sovraccarichi, rispettivamente.

La valutazione dei carichi permanenti è effettuata sulle dimensioni definitive.

### 8.2.1 Carichi permanenti

#### Pannelli fotovoltaici e strutture di sostegno

I carichi permanenti in gioco sono il peso proprio della struttura di sostegno ed il peso dei moduli fotovoltaici, che complessivamente ammontano a 20 kg/mq.

#### Fabbricato edificio comandi

N <sub>id</sub>	T. C.	Descrizione del Carico	Tipologie di Carico	Analisi carichi						
				Peso Proprio		Permanente NON Strutturale		Sovraccarico Accidentale		Carico
				Descrizione	PP	Descrizione	PNS	Descrizione	SA	Neve
										[N/m <sup>2</sup> ]
001	S	Platea	Autorimessa <= 30kN	*vedi le relative tabelle dei carichi	-	Sottofondo e pavimento di tipo industriale in calcestruzzo	2.000	Rimesse, aree per traffico, parcheggio e sosta di veicoli leggeri (peso a pieno carico fino a 30 kN) (Cat. F – Tab. 3.1.II - DM 17.01.2018)	2.500	0
002	S	LatCem Abitazione H20	Abitazioni	Solaio di tipo tradizionale latero-cementizio di spessore 20 cm (16+4)	2.800	Pavimento e sottofondo, incidenza dei tramezzi e intonaco inferiore	2.360	Civile abitazione (Cat. A – Tab. 3.1.II - DM 17.01.2018)	2.000	0

#### LEGENDA:

**N<sub>id</sub>** Numero identificativo dell'analisi di carico.

**T. C.** Identificativo del tipo di carico: [S] = Superficiale - [L] = Lineare - [C] = Concentrato.

**PP, PNS, SA** Valori, rispettivamente, del Peso Proprio, del Sovraccarico Permanente NON strutturale, del Sovraccarico Accidentale. Secondo il tipo di carico indicato nella colonna "T.C." ("S" - "L" - "C"), i valori riportati nelle colonne "PP", "PNS" e "SA", sono espressi in [N/m<sup>2</sup>] per carichi Superficiali, [N/m] per carichi Lineari, [N] per carichi Concentrati.

#### Fondazioni cabine prefabbricate

Il peso proprio delle cabine prefabbricate fornito dal costruttore è di 18 tonn.

#### Basamento trasformatore

Il peso proprio del trasformatore secondo la scheda tecnica del costruttore è di 8 tonn.

### 8.2.2 Azione del vento

L'azione del vento è calcolata in conformità a quanto previsto dalle Norme Tecniche per le Costruzioni. In particolare è stata valutata l'entità dell'azione del vento gravante sulle strutture di sostegno dei moduli fotovoltaici, nella ipotesi di struttura isolata:

Zona 3 [Toscana, Marche, Umbria, Lazio, Abruzzo, Molise, Puglia, Campania, Basilicata, Calabria (esclusa la provincia di Reggio Calabria)]

Pertanto avremo

- Classe di rugosità del terreno: D [Aree prive di ostacoli]
- Categoria di esposizione: nelle fasce entro i 40 km dalla costa delle zone 1, 2, 3, 4, 5 e 6 la categoria di esposizione è indipendente dall'altitudine del sito.

**$a_s$  (altitudine sul livello del mare della costruzione):**

**Distanza dalla costa**

**$T_R$  (Tempo di ritorno):**

**Categoria di esposizione**

150	[m]
21	[km]
50	[anni]
II	

La velocità di riferimento del vento ricavata dalla NTA

Zona	$v_{b,0}$ [m/s]	$a_0$ [m]	$k_s$	$C_a$
3	27	500	0,37	1,000

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

$c_a = 1$  per  $a_s \leq a_0$   
 $c_a = 1 + k_s (a_s/a_0 - 1)$  per  $a_0 < a_s \leq 1500$  m

**$v_b$  (velocità base di riferimento) 27,00 m/s**

$$v_r = v_b \cdot c_r$$

$c_r$  coefficiente di ritorno 1,00

**$v_r$  (velocità di riferimento) 27,02 m/s**

$q_r$  (pressione cinetica di riferimento [N/mq])

$$q_r = 1/2 \cdot \rho \cdot v_r^2 \quad (\rho = 1,25 \text{ kg/m}^3)$$

**Pressione cinetica di riferimento  $q_r$  456,29 [N/m<sup>2</sup>]**

Coefficiente di esposizione

- Coefficiente dinamico  $c_d=1,00$
- Coefficiente topografico  $c_t=1,00$

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

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

$k_r$	$z_0$ [m]	$z_{\min}$ [m]
0,19	0,05	4,00

**Coefficiente di esposizione minimo**  $c_{e,\min}$  **1,80**  $z < 4,00$

**Coefficiente di esposizione alla gronda**  $c_{e,\text{gronda}}$  **1,80**  $z = 3,00$

**Coefficiente di esposizione al colmo**  $c_{e,\text{colmo}}$  **1,80**  $z = 3,00$

Da cui il Coefficiente di esposizione è dato da:

Sempre dalle NTA si ottiene:

- Coefficiente di forma

(1) parete sopravento	$C_p$
	0,40
(2) copertura sopravento	$C_p$
	-0,80
(3) copertura sottovento	$C_p$
	-0,80
(4) parete sottovento	$C_p$
	-0,80

Quindi per il calcolo della pressione del vento si prendono in considerazione

**Combinazione più sfavorevole per pareti e copertura:**

Valori massimi della pressione per ogni elemento

$$p \text{ (pressione del vento)} = q_r \cdot C_d \cdot C_t \cdot C_e \cdot C_p$$

$C_d$  (coefficiente dinamico)       $C_t$  (coefficiente topografico)       $C_e$  (coefficiente di esposizione)

$C_p$  (coefficiente di forma)

	$p$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$C_d$	$C_t$	$C_e$	$C_p$	$P$ [kN/m <sup>2</sup> ]
(1) par. sopravent.	0,456	1,00	1,00	1,801	0,40	0,33
(2) cop. sopravent.	0,456	1,00	1,00	1,801	-0,80	-0,66
(3) cop. Sottovent.	0,456	1,00	1,00	1,801	-0,80	-0,66
(4) par. sottovent.	0,456	1,00	1,00	1,801	-0,80	-0,66

L'azione del vento tangente per unità di superficie parallela alla direzione del vento, con 1.25 la densità

dell'aria, è pari a:       **$q_{\tan} 8,22 [N/m^2]$**

l'azione del vento sul tracker è pari a:

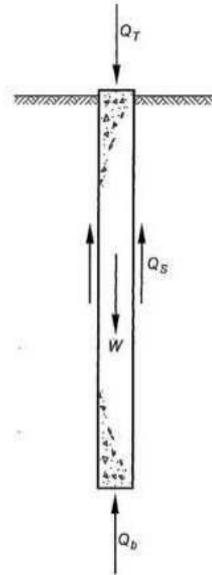
$$P=1.240 \text{ N}$$

### 8.3 VERIFICA A RIBALTAMENTO STRUTTURE DI SOSTEGNO PANNELLI FOTOVOLTAICI

Le fondazioni delle strutture di sostegno sono assimilabili a fondazioni su palo (fondazioni profonde). 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.

Per il pre-dimensionamento delle fondazione si procederà con il calcolo delle massime sollecitazioni di sfilamento facendo riferimento allo schema statico di seguito riportato

$$Q_T + W = Q_b + Q_s$$



sistema resistente palo singolo.

La valutazione della capacità portante per carico verticale di un palo isolato  $Q_T$  mediante formule statiche è ottenuta valutando i valori massimi, in condizioni di equilibrio limite, della resistenza laterale  $Q_s$  e di quella di punta  $Q_p$  con  $W_p$  il peso proprio del palo.

La portata per attrito laterale è definita come

$$Q_s = \pi \cdot D \cdot \int_0^L \tau_s \cdot dz$$

$$\tau_s = \sigma'_h \cdot \tan\delta = (K \cdot \sigma'_{v0}) \cdot \tan\delta = \beta \cdot \sigma'_{v0}$$

in cui:

$\sigma'_h$  è la tensione efficace orizzontale nel terreno a contatto con il palo,

$\sigma'_{v0}$  è la tensione efficace verticale iniziale, prima della messa in opera del palo,

K è un coefficiente di spinta, rapporto fra  $\sigma'_h$  e  $\sigma'_{v0}$ ,

$\tan\delta$  è il coefficiente d'attrito palo-terreno.

$\beta$  è un coefficiente, pari al prodotto ( $K \cdot \tan\delta$ )

Valore di  $Q_s$

Nel caso di pali in terreni incoerenti, e quindi di elevata permeabilità, l'analisi è svolta sempre con riferimento alle condizioni drenate e quindi in termini di tensioni efficaci. Per la stima di  $Q_s$  nella scelta dei valori di K e di  $\tan\delta$  si può fare riferimento alle indicazioni della tabella che segue:

Pali trivellati	$2/3 < K/K_0 < 1.0$
Pali infissi con trascurabile compattazione del terreno	$3/4 < K/K_0 < 5/4$
Pali infissi con significativa compattazione del terreno	$1.0 < K/K_0 < 2.0$

$$K = K_0 \cong (1 - \sin\phi') \cdot OCR^{0,5}$$

$$\tan\delta = \tan\phi'$$

Per terreni non coesivi abbiamo valori di  $\beta$  compresi tra 0,24 e 0,29.

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:

$$Q_s = \cdot D \cdot \beta \cdot L \cdot s$$

Dalle tabelle di Bustamente e Doix il valore di  $\beta$  per sabbie limose è pari a 0.2 MP

Quindi nel nostro caso si ottiene

$$Q_s = 32,6 \text{ KN}$$

L'azione del vento può essere convenzionalmente assimilata ad un carico orizzontale statico, diretto ortogonalmente all'asse dell'oggetto di modellazione e/o diretto nelle direzioni più sfavorevoli per alcuni dei suoi elementi.

Pertanto, come dato per il calcolo dell'azione del vento si considera una pressione P nella condizione più sfavorevole, ortogonale alla struttura:

Altitudine:  $a_s = 100 \text{ m s.l.m.}$

Distanza dalla costa: terra - entro 10 Km

Classe di rugosità terreno: D

Altezza manufatto:  $h = 5.06 \text{ m}$

Periodo di ritorno:  $T_R = 50.0 \text{ anni} \Rightarrow$

$$T_R = 0.75 \{1 - 0.2 \ln[-\ln(1 - 1/T_R)]\}^{0.5} = 1.00$$

Velocità di riferimento del vento:  $V_b = V_{b,0}$  per  $a_s \leq a_0$

$$V_b = V_{b,0} + K_a (a_s - a_0) \quad \text{per } a_s > a_0$$

$$V_b = 27.000 \text{ m/s}$$

$$V_b(T_R) = V_b = 27.020 \text{ m/s}$$

Coefficiente dinamico:  $C_d = 1.00$

Coefficiente di forma:  $C_p = 0.80$

Coefficiente di attrito:  $C_f = 0.01$

Coefficiente di topografia:  $C_t = 1.00$

Coefficiente di esposizione:  $C_e(z) = K^2 C_t \ln(z/z_0) [7 + C_t \ln(z/z_0)]$  per  $z \geq z_{min}$

$C_e(z) = C_e(z_{min})$  per  $z < z_{min}$

$C_e(z) = 1.80$

Le azioni del vento si traducono in pressioni (positive) e depressioni (negative) agenti normalmente alla superficie degli elementi che compongono la costruzione. La pressione agente su un singolo elemento è data dall'espressione:

$$p = q_b C_e C_p C_d = 657,07 \text{ Pa}$$

dove,

$$q_b = 1/2 \rho v_b^2 \quad \text{è la pressione cinetica di riferimento;}$$

$$\rho = 1,25 \text{ Kg/m}^3 \quad \text{è la densità dell'aria.}$$

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

$$p_f = q_b C_e C_f = 8.22 \text{ Pa}$$

$$P = 660,00 \text{ Pa;}$$

Valutata per singolo tracker il tiro del vento applicato al baricentro è pari a: 99000 Pa ossia pari a 99 KN

Le strutture disegnodell'impianto in trazione sono semplicemente infisse pertanto nel calcolo delle azioni resistenziali ribaltamento si considera solo l'azione "T" dovuta all'attrito tra il terreno e il palo infisso. La forza resistente al tiro del vento per ogni tracker, dotato di quattro elementi di Fondazione, è pari a 130 KN

Pertanto la verifica è soddisfatta

## 8.4 VERIFICA PALI DI ILLUMINAZIONE

Si riporta nel seguito la descrizione dei carichi e dei sovraccarichi considerati per il dimensionamento delle strutture in oggetto, valutati in accordo alle Norme Tecniche per le Costruzioni (DM 14/01/2008). Le azioni sismiche sono da ritenere trascurabili rispetto agli altri carichi e non verranno considerate.

### 8.4.1 Pesì propri strutturali (G1)

Il pesì propri degli elementi strutturali sono riferiti ai plinti in c.a. determinati con riferimento ai valori dei pesì dell'unità di volume riportati nella Tab. 3.1.I. delle N.T.C. 2008 (c.a.:  $\gamma_{cls}=25.0 \text{ KN/m}^3$ ) e quelli dei pali di sostegno. Sono stati inoltre considerati i traversi aggettanti in vetroresina  $\phi 55$  per i sostegni a mensola valutati con  $4,5 \text{ daN/m}$ .

### 8.4.2 Carichi Permanenti non strutturali (G2)

I carichi permanenti non strutturali principali sono dovuti al tiro dei bifilari conduttori. Questi vengono notati con un tiro pari a circa  $624 \text{ daN}$  ad una temperatura di  $15^\circ\text{C}$ . Tale carico assiale, ad una temperatura di  $-5^\circ\text{C}$  assume una trazione di  $1145 \text{ daN}$ .

Il peso proprio, dei conduttori da  $150 \text{ mm}$  è stato considerato con una forza di  $1,44 \text{ daN/m}$ , applicata sui traversi in funzione dell'esatta area di influenza e per il numero di bifilari previsti nel tratto considerato.

### 8.4.3 Carichi variabili (Q)

Il carico variabile applicato è quello del vento, la sua determinazione soddisfa i requisiti della norma NTC 2008, tale procedura di calcolo è riconosciuta anche dalle Norme CEI EN 50119 facendo esplicito riferimento al par. 6.2.4.1 alla possibilità di impiegare metodi standard previsti dalla normativa vigente.

È stata dunque individuata la velocità di riferimento  $v_b$  definita come il valore caratteristico della velocità del vento a  $10 \text{ m}$  dal suolo su un terreno di categoria di esposizione II, mediata su  $10$  minuti e riferita ad un periodo di ritorno di  $50$  anni. Trovandosi l'opera ad una quota inferiore ai  $500 \text{ m}$ ,  $v_b=v_{b,0}=27 \text{ m/s}$ . Successivamente si è determinata la pressione del vento data dall'espressione:

$$p = q_b C_e C_p C_d$$

dove:

-  $q_b$  è la pressione cinetica di riferimento  $q_b = 1/2 \rho v_b$

e  $\rho = 1,25 \text{ kg/m}^3$ . Dunque  $q_b = 455,63 \text{ N/m}^2$ ;

$c_e(z)$  è il coefficiente di esposizione e dipende dall'altezza  $z$  sul suolo del punto considerato, dalla

topografia del terreno e dalla categoria di esposizione del sito ove sorge la costruzione.

Per altezze non superiori a  $z=200\text{m}$  è dato dalla formula  $c_e(z) = k^2 c_t \ln(z/z_0) [7 + c_t \ln(z/z_0)] = 1,75$  avendo desunto  $k_r$ ,  $z_0$  e  $z_{\min}$  indicati dalla tab.3.3.11 con una categoria di esposizione del sito pari a II e una classe di rugosità del terreno pari a "C";

-  $c_p$  coefficiente di forma (o coefficiente aerodinamico), funzione della tipologia e della geometria della costruzione e del suo orientamento rispetto alla direzione del vento. Il suo valore viene preso pari a 0,70

per superfici cilindriche (v. re circ. 3.3.10.5).

-  $c_d$  è il coefficiente dinamico con cui si tiene conto degli effetti riduttivi associati alla non contemporaneità. È stato assunto cautelativamente pari ad 1.

In definitiva la pressione del vento così calcolata è pari a  $55,87 \text{ daN/m}^2$

#### 8.4.5 Verifica fondazione sostegno corpo illuminante

##### Dati Corpo illuminante

Peso corpo illuminante

$P = 69 \text{ N}$

Area impronta vento

$SA X = 0.0168 \text{ m}^2$

$SA Y = 0.0600 \text{ m}^2$

Coefficiente di pressione

$C_p = 1$

Dati palo

Altezza totale

$H_{\text{tot}} = 6800 \text{ mm}$

Altezza fuori terra

$H_{\text{ft}} = 6000 \text{ mm}$  Tipologia fusto

Conico

Tipo sezione

Circolare

Diametro sezione di testa

$D_{\text{top}} = 60 \text{ mm}$

Spessore lamiera

$s = 3 \text{ mm}$

### Materiale

Tensione di snervamento	$\gamma = 235 \text{ N/mm}^2$
Modulo elastico	$E = 210000 \text{ N/mm}^2$
Modulo tangenziale	$G = 80000 \text{ N/mm}^2$
Peso unitario	$\rho = 75600 \text{ N/m}^3$

### Parametri di calcolo Coefficienti

parziali di sicurezza

Materiale	$\gamma_M = 1.05$
Carichi verticali	$\gamma_{L,G} = 1.2$
Carichi orizzontali (vento)	$\gamma_{L,W} = 1.2$
Classe di resistenza	B

- Azione del vento (Parametri di calcolo EN40-3-1)
- Velocità di riferimento  $v_{ref,10} = 27 \text{ m/sec}$
- Categoria di terreno IV
- Coefficiente di topografia  $C_t = 1$
- Periodo di ritorno 50 anni
- Velocità di calcolo del vento a 6m di altezza riferito alla pressione  $q(6)$  ed al coeff. d'esposizione  $C_e(6)$   $v(6) = 35.36 \text{ m/sec}$ ,

Calcolo e Verifica palo H 6m Verifica di deformabilità

verifica soddisfatta

### Freccia

Requisiti relativi alla freccia (stato limite di servizio)

Freccia orizzontale calcolata  $f_y = 120,80 \text{ mm}$

Accettazione della progettazione relativa alla freccia – CLASSE 1 Freccia

orizzontale massima  $0,04(h) = 0,04(6000) = 240 \text{ mm}$  (h  
altezza palo)

**Verifica di deformabilità:**

**SODDISFATTA**

### MOMENTI

Calcolo Momenti

CC. Peso + Vento XCC.

Peso + Vento Y

Azioni alla base del fusto

Vento X

$$\begin{aligned} N &= 560 \text{ N} \\ V_X &= 515 \text{ N} \\ M_X &= 1612 \text{ Nm} \end{aligned}$$

Vento Y

$$N = 560 \text{ N} \quad V_Y = 548 \text{ N} \quad M_Y = 1825 \text{ Nm}$$

$$\text{combinazione dei momenti } M_p = \sqrt{(M_X^2 + M_Y^2)} = 2434 \text{ Nm}$$

VERIFICA DI RESISTENZA ALLA BASE DEL PALO

Resistenza a flessione

$$M_{ux} = M_{uy} = M_{up} = f_y \frac{I_{zp}}{10^3} y_m = 10844 \text{ Nm}$$

**Verifica di resistenza alla base del palo**

**VERIFICATO**

VERIFICA AL RIBALTAMENTO DEL PALO

Il momento ribaltante alla base del palo è stato già calcolato, sia in direzione X che in direzione Y. La verifica viene condotta con la combinazione tra i due momenti:

$$\text{Momento ribaltante} \quad M_p = \sqrt{(M_x^2 + M_y^2)} = 2434 \text{ Nm}$$

Considerando un plinto di dimensioni 1,0 x 1,0 x 1,0 si ha:

Momento stabilizzate

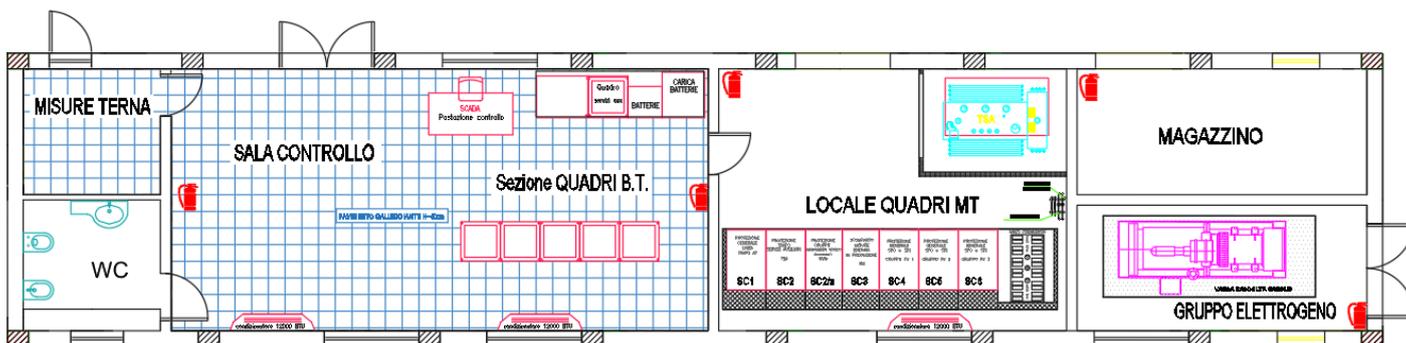
$$M_s = 25000 \times (1,0 \times 1,0 \times 1,0 - ((0,25/2)^2 \times 3,14) \times 0,8 - 0,3 \times 0,3 \times 0,8) \times 0,90/2 = 9.523 \text{ Nm}$$

Coefficiente di sicurezza.

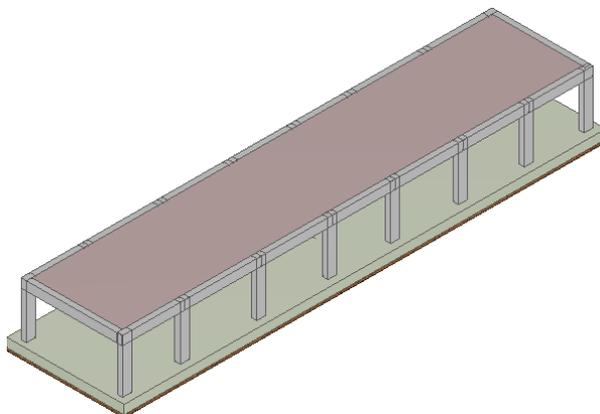
$$M_s/M_r = 9.523/2434 = 3.91 \quad \text{VERIFICATO}$$

## 8.5 VERIFICA DELLE STRUTTURE DELLA S.U.

### 8.5.1 Edificio comandi



Planimetria dell'edificio comandi della S.U.



Vista assonometrica della struttura

Il modello strutturale del fabbricato comandi della S.U. meglio definito nell'elaborati delle opere di rete è articolato in:

- Platea di fondazione dello spessore di 50 cm;
- Travi di elevazione 30\*50;

<b>INGVEPROGETTI s.r.l.s</b> Società di ingegneria	<b>PROGETTO INTEGRATO FOTOVOLTAICO-          AGRICOLO “VERDESOLARE”- Brindisi-          Calcoli Preliminari Strutture</b>	<b>OPDENERGY</b> Salento 3 Srl
-------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------

- Pilastrini 30\*30 cm
- Solaio h=20 cm;

### TENSIONI AMMISSIBILI ALLO SLE DEI VARI MATERIALI

Tensioni ammissibili allo SLE dei vari materiali			
Materiale	SL	Tensione di verifica	$\sigma_{d,amm}$ [N/mm <sup>2</sup> ]
Cls C25/30_B450C	Caratteristica(RARA)	Compressione Calcestruzzo	14,94
	Quasi permanente	Compressione Calcestruzzo	11,21
Acciaio B450C	Caratteristica(RARA)	Trazione Acciaio	360,00

#### LEGENDA:

**SL** Stato limite di esercizio per cui si esegue la verifica.  
 **$\sigma_{d,amm}$**  Tensione ammissibile per la verifica.

L'azione sismica è stata valutata in conformità alle indicazioni riportate al §3.2 del D.M. 2018. particolare il procedimento per la definizione degli spettri di progetto per i vari Stati Limite per cui sono state effettuate le verifiche è stato il seguente:

- definizione della Vita Nominale e della Classe d'Uso della struttura, il cui uso combinato ha portato alla definizione del Periodo di Riferimento dell'azione sismica;
- individuazione, tramite latitudine e longitudine, dei parametri sismici di base  $a_g$ ,  $F_0$  e  $T_c^*$  per tutti e quattro gli Stati Limite previsti (SLO, SLD, SLV e SLC); l'individuazione è stata effettuata interpolando tra i 4 punti più vicini al punto di riferimento dell'edificio;
- determinazione dei coefficienti di amplificazione stratigrafica e topografica;
- calcolo del periodo  $T_c$  corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello Spettro.

I dati così calcolati sono stati utilizzati per determinare gli Spettri di Progetto nelle verifiche agli Stati Limite considerate.

Si riportano di seguito le coordinate geografiche del sito rispetto al Datum **ED50**

Latitudine	Longitudine	Altitudine
[°]	[°]	[m]
40.560278	17.809722	72

L'edificio è stato progettato per una **Vita Nominale** pari a **50** e per **Classe d'Uso** pari a **2**.

In base alle indagini geognostiche effettuate si è classificato il **suolo** di fondazione di **categoria C**, cui corrispondono i seguenti valori per i parametri necessari alla costruzione degli spettri di risposta orizzontale e verticale:

Stato Limite	$a_g/g$	$F_0$	Parametri di pericolosità sismica					
			$T_c^*$ [s]	$C_c$	$T_B$ [s]	$T_c$ [s]	$T_D$ [s]	$S_s$
SLO	0.0154	2.348	0.160	1.92	0.103	0.308	1.661	1.50
SLD	0.0203	2.374	0.228	1.71	0.130	0.390	1.681	1.50
SLV	0.0474	2.576	0.446	1.37	0.204	0.612	1.790	1.50
SLC	0.0567	2.707	0.502	1.32	0.220	0.661	1.827	1.50

#### 8.5.1.1 Metodo di Analisi

Il calcolo delle azioni sismiche è stato eseguito in analisi dinamica modale, considerando il comportamento della struttura in regime elastico lineare.

Il numero di **modi di vibrazione** considerato (**15**) ha consentito, nelle varie condizioni, di mobilitare le seguenti percentuali delle masse della struttura:

Stato Limite	Direzione Sisma	%
salvaguardia della vita	X	100.0
salvaguardia della vita	Y	100.0
salvaguardia della vita	Z	100.0
salvaguardia della vita	Torsionale	-

Il calcolo degli effetti dell'azione sismica è stato eseguito con riferimento alla struttura spaziale, tenendo cioè conto degli elementi interagenti fra loro secondo l'effettiva realizzazione escludendo i tamponamenti.

Non ci sono approssimazioni su tetti inclinati, piani sfalsati o scale, solette, pareti irrigidenti e nuclei.

Si è tenuto conto delle deformabilità taglianti e flessionali degli elementi monodimensionali; muri, pareti, setti, solette sono stati correttamente schematizzati tramite elementi finiti a tre/quattro nodi con comportamento a guscio (sia a piastra che a lastra).

Sono stati considerati sei gradi di libertà per nodo; in ogni nodo della struttura sono state applicate le forze sismiche derivanti dalle masse circostanti.

Le sollecitazioni derivanti da tali forze sono state poi combinate con quelle derivanti dagli altri carichi come prima specificato.

<b>INGVEPROGETTI s.r.l.s</b> Società di ingegneria	<b>PROGETTO INTEGRATO FOTOVOLTAICO-          AGRICOLO “VERDESOLARE”- Brindisi-          Calcoli Preliminari Strutture</b>	<b>OPDENERGY</b> Salento 3 Srl
-------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------

#### 8.5.1.2 Azioni sulla struttura edificio comandi

I calcoli e le verifiche sono condotti con il metodo semiprobabilistico degli stati limite secondo le indicazioni del D.M. 2018. I carichi agenti sui solai, derivanti dall'analisi dei carichi, vengono ripartiti dal programma di calcolo in modo automatico sulle membrature (travi, pilastri, pareti, solette, platee, ecc.).

I carichi dovuti ai tamponamenti, sia sulle travi di fondazione che su quelle di piano, sono schematizzati come carichi lineari agenti esclusivamente sulle aste.

Su tutti gli elementi strutturali è inoltre possibile applicare direttamente ulteriori azioni concentrate e/o distribuite (variabili con legge lineare ed agenti lungo tutta l'asta o su tratti limitati di essa).

Le azioni introdotte direttamente sono combinate con le altre (carichi permanenti, accidentali e sisma) mediante le combinazioni di carico di seguito descritte; da esse si ottengono i valori probabilistici da impiegare successivamente nelle verifiche.

#### 8.5.1.3 CODICE DI CALCOLO IMPIEGATO

Nome del Software	<b>EdiLus</b>
Versione	BIM 2(c)
Caratteristiche del Software	Software per il calcolo di strutture agli elementi finiti per Windows
Numero di serie	15049997
Produzione e Distribuzione	<b>ACCA software S.p.A.</b> Contrada Rosole 13 83043 BAGNOLI IRPINO (AV) - Italy Tel. 0827/69504 r.a. - Fax 0827/601235 e-mail: info@acca.it - Internet: www.acca.it

#### 8.5.1.4 Modello di Calcolo

Il modello della struttura viene creato automaticamente dal codice di calcolo, individuando i vari elementi strutturali e fornendo le loro caratteristiche geometriche e meccaniche.

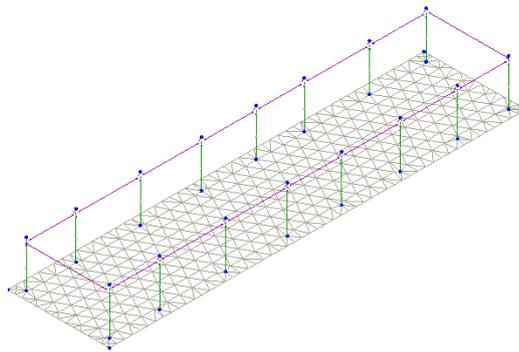
Viene definita un'opportuna numerazione degli elementi (nodi, aste, shell) costituenti il modello, al fine di individuare celermente ed univocamente ciascun elemento.

Qui di seguito è fornita una rappresentazione grafica dettagliata della discretizzazione operata con evidenziazione dei nodi e degli elementi.

Le sollecitazioni vengono determinate solo per il tratto flessibile. Sui tratti rigidi, infatti, essendo (teoricamente) nulle le deformazioni, le sollecitazioni risultano indeterminate.

Questa schematizzazione dei nodi viene automaticamente realizzata dal programma anche quando il nodo sia determinato dall'incontro di più travi senza il pilastro, o all'attacco di travi/pilastri con elementi shell.

La modellazione del materiale degli elementi in c.a., acciaio e legno segue la classica teoria dell'elasticità lineare; per cui il materiale è caratterizzato oltre che dal peso specifico, da un modulo elastico (E) e un modulo tagliante (G).



La possibile fessurazione degli elementi in c.a. è stata tenuta in conto nel modello considerando un opportuno decremento del modulo di elasticità e del modulo di taglio, nei limiti di quanto previsto dalla normativa vigente per ciascuno stato limite.

Gli elementi di fondazione (travi, platee, plinti, plinti su pali e pali) sono modellati assumendo un comportamento elastico-lineare sia a trazione che a compressione.

#### 8.5.1.5 Risultati delle verifica

La verifica degli elementi allo SLU avviene col seguente procedimento:

- si costruiscono le combinazioni non sismiche in base al D.M. 2018, ottenendo un insieme di sollecitazioni;
  - si combinano tali sollecitazioni con quelle dovute all'azione del sisma secondo quanto indicato nel §2.5.3, relazione (2.5.5) del D.M. 2018;
- per sollecitazioni semplici (flessione retta, taglio, etc.) si individuano i valori minimo e massimo con cui progettare o verificare l'elemento considerato; per sollecitazioni composte (pressoflessione retta/deviata) vengono eseguite le verifiche per tutte le possibili combinazioni e solo a seguito di ciò si individua quella che ha originato il minimo coefficiente di sicurezza

Platee - VERIFICHE DELLE TENSIONI DI ESERCIZIO (Fondazione)

Nodo/ Tp <sub>mf</sub>	Dir	Id <sub>Cnb</sub>	Compressione calcestruzzo						Trazione acciaio						
			Compressione calcestruzzo			Compressione calcestruzzo rinforzo			Trazione acciaio/FRP rinforzo			Trazione acciaio/FRP rinforzo			
			σ <sub>cc</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	σ <sub>cd,amm</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	N <sub>Ed</sub> [N]	M <sub>Ed</sub> [N-m]	CS	Verificato	Id <sub>Cnb</sub>	σ <sub>at</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	σ <sub>td,amm</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	N <sub>Ed</sub> [N]	M <sub>Ed</sub> [N-m]	CS	Verificato
Platea 1															
00021	P	RAR	0,675	14,94	71	-30.356	22,12	SI	RAR	8,912	360,00	71	-30.356	40,39	SI
		QPR	0,571	11,21	59	-25.648	19,63	SI	-	-	-	-	-	-	-
	S	RAR	0,486	14,94	-185	-21.863	30,74	SI	RAR	6,426	360,00	-185	-21.863	56,03	SI
		QPR	0,414	11,21	-154	-18.632	27,05	SI	-	-	-	-	-	-	-

LEGENDA:

- Rinf.** Indica la presenza del rinforzo sulla sezione di verifica.
- Dir** Direzione [P] = principale (asse locale 1) - [S] = secondaria (asse locale 2).
- Id<sub>Cnb</sub>** Identificativo della Combinazione di Azione: [QPR] = Quasi Permanente - [FRQ] = Frequente - [RAR] = Rara.
- σ<sub>cc</sub>** Tensione massima di compressione nel calcestruzzo della Trave/Rinforzo.
- σ<sub>cd,amm</sub>** Tensione ammissibile per la verifica a compressione del calcestruzzo.
- σ<sub>at</sub>** Tensione massima di trazione nell'acciaio della Trave/Rinforzo o nel FRP.
- σ<sub>td,amm</sub>** Tensione ammissibile per la verifica a trazione dell'acciaio/rinforzo.
- N<sub>Ed</sub>, M<sub>Ed</sub>** Sollecitazioni di progetto.
- CS** Coefficiente di Sicurezza (= σ<sub>cd,amm</sub>/σ<sub>cc</sub>; σ<sub>td,amm</sub>/σ<sub>at</sub>). [NS] = Non Significativo (CS ≥ 100).
- Verificato** [SI] = La verifica è soddisfatta (σ<sub>cc</sub> ≤ σ<sub>cd,amm</sub>; σ<sub>at</sub> ≤ σ<sub>td,amm</sub>). [NO] = La verifica NON è soddisfatta (σ<sub>cc</sub> > σ<sub>cd,amm</sub>; σ<sub>at</sub> > σ<sub>td,amm</sub>).
- Nota** Nella tabella, per ogni elemento, viene riportato il nodo della shell che ha il coefficiente di sicurezza (CS) più piccolo.

Travi - VERIFICHE DELLE TENSIONI DI ESERCIZIO (Elevazione)

%LLI Tp <sub>mf</sub>	Dir	Id <sub>Cnb</sub>	Compressione calcestruzzo						Trazione acciaio									
			Compressione calcestruzzo			Compressione calcestruzzo rinforzo			Trazione acciaio/FRP rinforzo			Trazione acciaio/FRP rinforzo						
			σ <sub>cc</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	σ <sub>cd,amm</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	N <sub>Ed</sub> [N]	M <sub>Ed,1</sub> [N-m]	M <sub>Ed,2</sub> [N-m]	CS	Verificato	Id <sub>Cnb</sub>	σ <sub>at</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	σ <sub>td,amm</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	N <sub>Ed</sub> [N]	M <sub>Ed,1</sub> [N-m]	M <sub>Ed,2</sub> [N-m]	CS	Verificato	
Piano Terra																		
Travata: Trave 1-2-3-4-5-6-7-8																		
<b>Trave: Trave 1-2</b>																		
0%	RAR		0,472	14,94	FRC=0,01 cm	5,390	6,562	-	31,65	SI	RAR	4,775	360,00	5,390	6,562	-	75,39	SI
	QPR		0,379	11,21	4,231	5,281	-	29,54	SI	RAR	6,937	360,00	5,390	-9,258	-	51,89	SI	
25,0%	RAR		0,653	14,94	5,390	-9,258	-	22,89	SI	RAR	8,681	360,00	5,390	-11,432	-	41,46	SI	
	QPR		0,548	11,21	4,231	-7,807	-	20,43	SI	RAR	0,000	360,00	-	-	-	-	SI	
50,0%	RAR		0,798	14,94	5,390	-11,432	-	18,72	SI	RAR	19,697	360,00	5,390	25,165	-	18,27	SI	
	QPR		0,653	11,21	4,231	-9,519	-	16,90	SI	RAR	1,445	11,21	4,231	21,194	-	7,75	SI	
75,0%	RAR		0,036	14,94	4,894	91	-	NS	SI	RAR	1,771	14,94	5,737	25,929	-	17,75	SI	
	QPR		0,036	11,21	4,231	151	-	NS	SI	RAR	2,266	14,94	5,737	-3,447	-	NS	SI	
100%	RAR		1,718	14,94	5,390	25,165	-	8,69	SI	RAR	2,216	11,21	4,404	-2,831	-	51,82	SI	
	QPR		1,445	11,21	4,231	21,194	-	7,75	SI	RAR	0,970	14,94	5,737	-13,967	-	33,69	SI	
<b>Trave: Trave 2-3</b>																		
0%	RAR		1,771	14,94	5,737	25,929	-	8,43	SI	RAR	10,683	360,00	5,737	-13,967	-	33,69	SI	
	QPR		1,478	11,21	4,404	21,680	-	7,57	SI	RAR	3,991	360,00	5,737	-5,624	-	90,21	SI	
25,0%	RAR		0,266	14,94	5,737	-3,447	-	56,26	SI	RAR	1,480	14,94	5,737	21,582	-	21,43	SI	
	QPR		0,216	11,21	4,404	-2,831	-	51,82	SI	RAR	1,230	11,21	4,404	17,973	-	9,10	SI	
50,0%	RAR		0,970	14,94	5,737	-13,967	-	15,40	SI	RAR	1,137	14,94	2,329	16,777	-	27,17	SI	
	QPR		0,805	11,21	4,404	-11,621	-	13,92	SI	RAR	0,947	11,21	1,600	14,006	-	11,82	SI	
75,0%	RAR		0,411	14,94	5,737	-5,624	-	36,32	SI	RAR	0,133	14,94	2,329	1,774	-	NS	SI	
	QPR		0,340	11,21	4,404	-4,686	-	32,91	SI	RAR	0,109	11,21	1,600	1,489	-	NS	SI	
100%	RAR		1,480	14,94	5,737	21,582	-	10,09	SI	RAR	0,278	14,94	2,329	-3,945	-	NS	SI	
	QPR		1,230	11,21	4,404	17,973	-	9,10	SI	RAR	0,230	11,21	1,600	-3,289	-	48,73	SI	
<b>Trave: Trave 3-4</b>																		
0%	RAR		1,137	14,94	2,329	16,777	-	13,13	SI	RAR	0,040	14,94	2,329	-360	-	NS	SI	
	QPR		0,947	11,21	1,600	14,006	-	11,82	SI	RAR	0,032	11,21	1,600	-330	-	NS	SI	
25,0%	RAR		0,133	14,94	2,329	1,774	-	NS	SI	RAR	0,849	14,94	2,329	12,465	-	17,60	SI	
	QPR		0,109	11,21	1,600	1,489	-	NS	SI	RAR	0,704	11,21	1,600	10,372	-	15,91	SI	
50,0%	RAR		0,278	14,94	2,329	-3,945	-	53,69	SI	RAR	0,959	14,94	3,525	14,008	-	32,97	SI	
	QPR		0,230	11,21	1,600	-3,289	-	48,73	SI	RAR	0,796	11,21	2,594	11,657	-	14,07	SI	
75,0%	RAR		0,040	14,94	2,329	-360	-	NS	SI	RAR	0,268	14,94	3,525	-3,689	-	NS	SI	
	QPR		0,032	11,21	1,600	-330	-	NS	SI	RAR	0,222	11,21	2,594	-3,087	-	50,38	SI	
100%	RAR		0,849	14,94	2,329	12,465	-	17,60	SI	RAR	0,607	14,94	3,525	-8,745	-	53,77	SI	
	QPR		0,704	11,21	1,600	10,372	-	15,91	SI	RAR	0,504	11,21	2,594	-7,293	-	22,23	SI	
<b>Trave: Trave 4-5</b>																		
0%	RAR		0,959	14,94	3,525	14,008	-	15,57	SI	RAR	0,099	14,94	3,525	-1,167	-	NS	SI	
	QPR		0,796	11,21	2,594	11,657	-	14,07	SI	RAR	0,080	11,21	2,594	-967	-	NS	SI	
25,0%	RAR		0,268	14,94	3,525	-3,689	-	55,67	SI	RAR	1,297	14,94	3,525	19,054	-	11,51	SI	
	QPR		0,222	11,21	2,594	-3,087	-	50,38	SI	RAR	1,080	11,21	2,594	15,899	-	10,37	SI	
50,0%	RAR		0,607	14,94	3,525	-8,745	-	24,61	SI	RAR	1,364	14,94	4,168	19,997	-	22,98	SI	
	QPR		0,504	11,21	2,594	-7,293	-	22,23	SI	RAR	15,662	360,00	4,168	19,997	-	22,98	SI	
75,0%	RAR		0,099	14,94	3,525	-1,167	-	NS	SI	RAR	0,616	360,00	3,525	-1,167	-	NS	SI	
	QPR		0,080	11,21	2,594	-967	-	NS	SI	RAR	1,297	14,94	3,525	19,054	-	11,51	SI	
100%	RAR		1,297	14,94	3,525	19,054	-	11,51	SI	RAR	1,080	11,21	2,594	15,899	-	10,37	SI	
	QPR		1,080	11,21	2,594	15,899	-	10,37	SI	RAR	15,662	360,00	4,168	19,997	-	22,98	SI	
<b>Trave: Trave 5-6</b>																		
0%	RAR		1,364	14,94	4,168	19,997	-	10,95	SI	RAR	15,662	360,00	4,168	19,997	-	22,98	SI	
	QPR		1,080	11,21	2,594	15,899	-	10,37	SI	RAR	15,662	360,00	4,168	19,997	-	22,98	SI	



Travi - verifiche delle tensioni di esercizio																
%LLI T <sub>Prnt</sub>	Id <sub>omb</sub>	Compressione calcestruzzo							Trazione acciaio							
		Compressione calcestruzzo				Compressione calcestruzzo rinforzo			Trazione acciaio				Trazione acciaio/FRP rinforzo			
(%)		σ <sub>cc</sub>	σ <sub>cc,amm</sub>	N <sub>Ed</sub>	M <sub>Ed1</sub>	M <sub>Ed2</sub>	CS	Verificato	Id <sub>omb</sub>	σ <sub>cc</sub>	σ <sub>cc,amm</sub>	N <sub>Ed</sub>	M <sub>Ed1</sub>	M <sub>Ed2</sub>	CS	Verificato
		[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N]	[N-m]	[N-m]				[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N]	[N-m]	[N-m]		
75,0%	RAR	0,141	14,94	3,793	-1,767	-	NS	SI	RAR	1,073	360,00	3,793	-1,767	-	NS	SI
	QPR	0,114	11,21	2,768	-1,454	-	98,19	SI								
	RAR	1,312	14,94	3,793	19,250	-	11,38	SI	RAR	15,097	360,00	3,793	19,250	-	23,84	SI
	QPR	1,092	11,21	2,768	16,057	-	10,26	SI								
<b>Trave: Trave 11-12</b>																
FRC=0,01 cm																
0%	RAR	1,342	14,94	4,063	19,674	-	11,13	SI	RAR	15,413	360,00	4,063	19,674	-	23,35	SI
	QPR	1,118	11,21	3,004	16,420	-	10,02	SI								
25,0%	RAR	0,212	14,94	4,063	-2,792	-	70,62	SI	RAR	1,871	360,00	4,063	-2,792	-	NS	SI
	QPR	0,173	11,21	3,004	-2,317	-	64,64	SI								
50,0%	RAR	0,725	14,94	4,063	-10,455	-	20,61	SI	RAR	8,018	360,00	4,063	-10,455	-	44,90	SI
	QPR	0,602	11,21	3,004	-8,715	-	18,62	SI								
75,0%	RAR	0,247	14,94	4,063	-3,325	-	60,43	SI	RAR	2,298	360,00	4,063	-3,325	-	NS	SI
	QPR	0,204	11,21	3,004	-2,779	-	54,85	SI								
100,0%	RAR	1,270	14,94	4,063	18,606	-	11,76	SI	RAR	14,556	360,00	4,063	18,606	-	24,73	SI
	QPR	1,056	11,21	3,004	15,495	-	10,61	SI								
<b>Trave: Trave 12-13</b>																
FRC=0,00 cm																
0%	RAR	1,162	14,94	2,976	17,083	-	12,85	SI	RAR	13,433	360,00	2,976	17,083	-	26,79	SI
	QPR	0,966	11,21	2,109	14,238	-	11,59	SI								
25,0%	RAR	0,104	14,94	2,976	-1,280	-	NS	SI	RAR	0,757	360,00	2,976	-1,280	-	NS	SI
	QPR	0,084	11,21	2,109	-1,069	-	NS	SI								
50,0%	RAR	0,504	14,94	2,976	-7,265	-	29,61	SI	RAR	5,558	360,00	2,976	-7,265	-	64,77	SI
	QPR	0,418	11,21	2,109	-6,058	-	26,78	SI								
75,0%	RAR	0,076	14,94	2,976	-870	-	NS	SI	RAR	0,428	360,00	2,976	-870	-	NS	SI
	QPR	0,061	11,21	2,109	-724	-	NS	SI								
100,0%	RAR	1,217	14,94	2,976	17,902	-	12,27	SI	RAR	14,090	360,00	2,976	17,902	-	25,54	SI
	QPR	1,012	11,21	2,109	14,926	-	11,07	SI								
<b>Trave: Trave 13-14</b>																
FRC=0,01 cm																
0%	RAR	1,354	14,94	4,319	19,834	-	11,03	SI	RAR	15,518	360,00	4,319	19,834	-	23,19	SI
	QPR	1,125	11,21	3,208	16,515	-	9,95	SI								
25,0%	RAR	0,300	14,94	4,319	-4,086	-	49,84	SI	RAR	2,886	360,00	4,319	-4,086	-	NS	SI
	QPR	0,248	11,21	3,208	-3,414	-	45,18	SI								
50,0%	RAR	0,782	14,94	4,319	-11,290	-	19,10	SI	RAR	8,664	360,00	4,319	-11,290	-	41,54	SI
	QPR	0,649	11,21	3,208	-9,408	-	17,25	SI								
75,0%	RAR	0,145	14,94	4,319	-1,773	-	NS	SI	RAR	1,030	360,00	4,319	-1,773	-	NS	SI
	QPR	0,117	11,21	3,208	-1,464	-	95,41	SI								
100,0%	RAR	1,664	14,94	4,319	24,459	-	8,97	SI	RAR	19,228	360,00	4,319	24,459	-	18,72	SI
	QPR	1,386	11,21	3,208	20,415	-	8,08	SI								
<b>Trave: Trave 14-15</b>																
FRC=0,01 cm																
0%	RAR	1,785	14,94	5,452	26,173	-	8,36	SI	RAR	20,500	360,00	5,452	26,173	-	17,56	SI
	QPR	1,486	11,21	4,131	21,823	-	7,53	SI								
25,0%	RAR	0,278	14,94	5,452	-3,666	-	53,65	SI	RAR	2,446	360,00	5,452	-3,666	-	NS	SI
	QPR	0,229	11,21	4,131	-3,042	-	48,99	SI								
50,0%	RAR	0,972	14,94	5,452	-14,026	-	15,36	SI	RAR	10,756	360,00	5,452	-14,026	-	33,46	SI
	QPR	0,806	11,21	4,131	-11,667	-	13,89	SI								
75,0%	RAR	0,361	14,94	5,452	-4,902	-	41,36	SI	RAR	3,437	360,00	5,452	-4,902	-	NS	SI
	QPR	0,296	11,21	4,131	-4,051	-	37,82	SI								
100,0%	RAR	1,620	14,94	5,452	23,702	-	9,22	SI	RAR	18,518	360,00	5,452	23,702	-	19,44	SI
	QPR	1,351	11,21	4,131	19,805	-	8,29	SI								
<b>Trave: Trave 15-16</b>																
FRC=0,00 cm																
0%	RAR	1,424	14,94	3,715	20,924	-	10,49	SI	RAR	16,447	360,00	3,715	20,924	-	21,88	SI

%LLI T <sub>Prnt</sub>	Compressione calcestruzzo Compressione e calcestruzzo rinforzo									Trazione acciaio Trazione acciaio/FRP rinforzo						
	Id <sub>Cmb</sub>	σ <sub>cc</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	σ <sub>cd,amm</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	N <sub>Ed</sub> [N]	M <sub>Ed,3</sub> [N-m]	M <sub>Ed,2</sub> [N-m]	CS	Verificato	Id <sub>Cmb</sub>	σ <sub>at</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	σ <sub>td,amm</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	N <sub>Ed</sub> [N]	M <sub>Ed,3</sub> [N-m]	M <sub>Ed,2</sub> [N-m]	CS	Verificato
25,0%	QPR	1,200	11,21	2,828	17,672	-	9,33	SI	RAR	0,846	360,00	3,715	1,475	-	NS	SI
	RAR	0,121	14,94	3,715	1,475	-	NS	SI	RAR	0,846	360,00	3,715	1,475	-	NS	SI
	QPR	0,108	11,21	2,828	1,354	-	NS	SI	RAR	5,953	360,00	3,715	-7,842	-	60,47	SI
50,0%	RAR	0,548	14,94	3,715	-7,842	-	27,28	SI	RAR	5,953	360,00	3,715	-7,842	-	60,47	SI
	QPR	0,453	11,21	2,828	-6,517	-	24,70	SI	RAR	5,300	360,00	3,715	-7,028	-	67,91	SI
	RAR	0,493	14,94	3,715	-7,028	-	30,30	SI	RAR	5,300	360,00	3,715	-7,028	-	67,91	SI
75,0%	QPR	0,415	11,21	2,828	-5,943	-	26,99	SI	RAR	2,803	360,00	3,715	3,915	-	NS	SI
	RAR	0,285	14,94	3,715	3,915	-	52,49	SI	RAR	2,803	360,00	3,715	3,915	-	NS	SI
	QPR	0,223	11,21	2,828	3,074	-	50,26	SI	RAR	2,803	360,00	3,715	3,915	-	NS	SI
<b>Piano Terra</b>																
<b>Trave: Trave 1-9</b>																
<b>FRC=0,02 cm</b>																
0%	RAR	0,325	14,94	1,450	4,718	-	46,01	SI	RAR	3,653	360,00	1,450	4,718	-	98,55	SI
	QPR	0,315	11,21	1,552	4,559	-	35,61	SI	RAR	3,653	360,00	1,450	4,718	-	98,55	SI
	RAR	0,378	14,94	1,450	-5,514	-	39,52	SI	RAR	4,291	360,00	1,450	-5,514	-	83,88	SI
25,0%	QPR	0,357	11,21	1,552	-5,192	-	31,38	SI	RAR	4,291	360,00	1,450	-5,514	-	83,88	SI
	RAR	0,602	14,94	1,450	-8,856	-	24,82	SI	RAR	6,972	360,00	1,450	-8,856	-	51,63	SI
	QPR	0,571	11,21	1,552	-8,385	-	19,62	SI	RAR	6,972	360,00	1,450	-8,856	-	51,63	SI
50,0%	RAR	0,364	14,94	1,450	-5,302	-	41,06	SI	RAR	4,121	360,00	1,450	-5,302	-	87,34	SI
	QPR	0,345	11,21	1,552	-5,012	-	32,47	SI	RAR	4,121	360,00	1,450	-5,302	-	87,34	SI
	RAR	0,354	14,94	1,450	5,160	-	42,17	SI	RAR	4,008	360,00	1,450	5,160	-	89,83	SI
100,0%	QPR	0,340	11,21	1,552	4,935	-	32,97	SI	RAR	4,008	360,00	1,450	5,160	-	89,83	SI
	RAR	0,340	11,21	1,552	4,935	-	32,97	SI	RAR	4,008	360,00	1,450	5,160	-	89,83	SI
	QPR	0,340	11,21	1,552	4,935	-	32,97	SI	RAR	4,008	360,00	1,450	5,160	-	89,83	SI
<b>Piano Terra</b>																
<b>Trave: Trave 8-16</b>																
<b>FRC=0,02 cm</b>																
0%	RAR	0,331	14,94	1,507	4,809	-	45,11	SI	RAR	3,721	360,00	1,507	4,809	-	96,75	SI
	QPR	0,321	11,21	1,600	4,645	-	34,93	SI	RAR	3,721	360,00	1,507	4,809	-	96,75	SI
	RAR	0,378	14,94	1,507	-5,507	-	39,52	SI	RAR	4,281	360,00	1,507	-5,507	-	84,09	SI
25,0%	QPR	0,357	11,21	1,600	-5,184	-	31,40	SI	RAR	4,281	360,00	1,507	-5,507	-	84,09	SI
	RAR	0,606	14,94	1,507	-8,912	-	24,65	SI	RAR	7,012	360,00	1,507	-8,912	-	51,34	SI
	QPR	0,574	11,21	1,600	-8,433	-	19,50	SI	RAR	7,012	360,00	1,507	-8,912	-	51,34	SI
50,0%	RAR	0,371	14,94	1,507	-5,412	-	40,21	SI	RAR	4,204	360,00	1,507	-5,412	-	85,62	SI
	QPR	0,352	11,21	1,600	-5,105	-	31,87	SI	RAR	4,204	360,00	1,507	-5,412	-	85,62	SI
	RAR	0,344	14,94	1,507	4,996	-	43,47	SI	RAR	3,871	360,00	1,507	4,996	-	93,00	SI
100,0%	QPR	0,331	11,21	1,600	4,801	-	33,83	SI	RAR	3,871	360,00	1,507	4,996	-	93,00	SI
	RAR	0,331	11,21	1,600	4,801	-	33,83	SI	RAR	3,871	360,00	1,507	4,996	-	93,00	SI
	QPR	0,331	11,21	1,600	4,801	-	33,83	SI	RAR	3,871	360,00	1,507	4,996	-	93,00	SI

**LEGENDA:**

- %L<sub>L1</sub>** Posizione della sezione per la quale vengono forniti i valori di verifica, valutata come % della lunghezza libera d'inflessione (L<sub>L1</sub>), a partire dall'estremo iniziale.
- Rinf.** Indica la presenza del rinforzo sulla sezione di verifica.
- FRC** Spostamento massimo (freccia) dell'elemento, valutata in combinazione Caratteristica (RARA).
- Id<sub>Cmb</sub>** Identificativo della Combinazione di Azione: [QPR] = Quasi Permanente - [FRQ] = Frequente - [RAR] = Rara.
- σ<sub>cc</sub>** Tensione massima di compressione nel calcestruzzo.
- σ<sub>cd,amm</sub>** Tensione ammissibile per la verifica a compressione del calcestruzzo.
- N<sub>Ed</sub>, M<sub>Ed,3</sub>, M<sub>Ed,2</sub>** Sollecitazioni di progetto.
- σ<sub>at</sub>** Tensione massima di trazione nell'acciaio della Trave/Rinforzo o nel FRP.
- σ<sub>td,amm</sub>** Tensione ammissibile per la verifica a trazione dell'acciaio/rinforzo.
- CS** Coefficiente di Sicurezza (= σ<sub>cd,amm</sub>/σ<sub>cc</sub> ; σ<sub>td,amm</sub>/σ<sub>at</sub>). [NS] = Non Significativo (CS ≥ 100).
- Verificato** [SI] = La verifica è soddisfatta (σ<sub>cc</sub> ≤ σ<sub>cd,amm</sub> ; σ<sub>at</sub> ≤ σ<sub>td,amm</sub>). [NO] = La verifica NON è soddisfatta (σ<sub>cc</sub> > σ<sub>cd,amm</sub> ; σ<sub>at</sub> > σ<sub>td,amm</sub>).

PILASTRI (CA) - VERIFICHE PRESSOFLESSIONE DEVIATA ALLO SLU (Elevazione)

Lv	N <sub>ed</sub>	M <sub>ed,x</sub>	M <sub>ed,y</sub>	CS	M <sub>ed,x</sub>	M <sub>ed,y</sub>	N <sub>ed,max</sub>	N <sub>r</sub>	α	R <sub>f</sub>	φ <sub>ve</sub>	φ <sub>vi</sub>	φ <sub>vs</sub>	L	Lato 1			Lato 2			
															n <sub>req</sub>	n <sub>r</sub>	φ	L	n <sub>req</sub>	n <sub>r</sub>	φ
	[N]	[Nm]	[Nm]		[Nm]	[Nm]	[N]	[N]			[mm]	[mm]	[mm]	[cm]	[mm]	[mm]	[mm]	[cm]	[mm]	[mm]	
<b>Pilastrata: Pilastrata 1</b>																					
Piano Terra	41.610	-100	-12.560	6.33[S]	145.164	79.587	55.761	1.375.725	1,00	NO	16	-	8	50	1	3	12	30	1	1	12
<b>Pilastrata: Pilastrata 2</b>																					
Piano Terra	88.653	-3.231	-10.258	23.57[S]	152.751	84.280	88.654	1.375.725	1,53	NO	16	-	8	50	1	3	12	30	1	1	12
<b>Pilastrata: Pilastrata 3</b>																					
Piano Terra	64.728	11.090	66	13.44[S]	149.120	81.908	78.276	1.375.725	1,00	NO	16	-	8	50	1	3	12	30	1	1	12
<b>Pilastrata: Pilastrata 4</b>																					
Piano Terra	68.047	3.445	-8.228	32.30[S]	149.612	82.238	68.317	1.375.725	1,55	NO	16	-	8	50	1	3	12	30	1	1	12
<b>Pilastrata: Pilastrata 5</b>																					
Piano Terra	64.468	-	-	21.33[V]	149.075	81.879	79.117	1.375.725	1,00	NO	16	-	8	50	1	3	12	30	1	1	12
<b>Pilastrata: Pilastrata 6</b>																					
Piano Terra	84.938	3.435	-8.976	28.34[S]	152.180	83.906	85.179	1.375.725	1,54	NO	16	-	8	50	1	3	12	30	1	1	12
<b>Pilastrata: Pilastrata 7</b>																					
Piano Terra	81.224	-88	-10.567	7.90[S]	151.623	83.548	83.294	1.375.725	1,00	NO	16	-	8	50	1	3	12	30	1	1	12
<b>Pilastrata: Pilastrata 8</b>																					
Piano Terra	26.214	9.216	-17.061	9.85[S]	142.358	78.040	51.857	1.375.725	1,59	NO	16	-	8	50	1	3	12	30	1	1	12
<b>Pilastrata: Pilastrata 9</b>																					
Piano Terra	28.281	-10.154	16.463	10.14[S]	142.725	78.247	53.633	1.375.725	1,59	NO	16	-	8	50	1	3	12	30	1	1	12
<b>Pilastrata: Pilastrata 10</b>																					
Piano Terra	78.736	-3.854	10.166	23.49[S]	151.247	83.301	78.736	1.375.725	1,54	NO	16	-	8	50	1	3	12	30	1	1	12
<b>Pilastrata: Pilastrata 11</b>																					
Piano Terra	78.448	2.990	8.543	31.01[S]	151.203	83.263	78.776	1.375.725	1,54	NO	16	-	8	50	1	3	12	30	1	1	12
<b>Pilastrata: Pilastrata 12</b>																					
Piano Terra (a)	76.168	-3.526	-8.264	31.85[S]	150.852	83.044	76.333	1.375.725	1,54	NO	16	-	8	50	1	3	12	30	1	1	12
<b>Pilastrata: Pilastrata 13</b>																					
Piano Terra	77.864	3.515	-8.203	32.17[S]	151.116	83.216	78.034	1.375.725	1,54	NO	16	-	8	50	1	3	12	30	1	1	12
<b>Pilastrata: Pilastrata 14</b>																					
Piano Terra	75.634	-7.221	98	20.87[S]	150.764	82.987	87.415	1.375.725	1,00	NO	16	-	8	50	1	3	12	30	1	1	12
<b>Pilastrata: Pilastrata 15</b>																					
Piano Terra	84.462	-4.188	10.756	21.42[S]	152.128	83.868	84.536	1.375.725	1,54	NO	16	-	8	50	1	3	12	30	1	1	12
<b>Pilastrata: Pilastrata 16</b>																					
Piano Terra	26.380	9.091	17.052	9.89[S]	142.389	78.061	52.040	1.375.725	1,59	NO	16	-	8	50	1	3	12	30	1	1	12

LEGENDA:

Lv Livello o piano di appartenenza dell'elemento strutturale.

CS Coefficiente di sicurezza ([NS] = Non Significativo se CS ≥ 100; [VNR]= Verifica Non Richiesta; Informazioni aggiuntive sulla condizione: [V] = statica; [E] = eccezionale; [S] = sismica; [N] = sismica non lineare).

N<sub>ed,max</sub> Massimo sforzo di compressione.

N<sub>r</sub> Sforzo Normale resistente.

α Esponente per la valutazione del coefficiente di sicurezza.

R<sub>f</sub> [S] = elemento con presenza di rinforzo; [NO] = elemento senza rinforzo.

N<sub>ed</sub>, M<sub>ed,x</sub>, M<sub>ed,y</sub> Sollecitazioni di progetto (N<sub>ed</sub> > 0: compressione).

M<sub>ed,x</sub>, M<sub>ed,y</sub> Momento Resistente intorno ad X e Y.

φ<sub>ve</sub>, φ<sub>vi</sub>, φ<sub>vs</sub> Diametri, rispettivamente, delle barre di acciaio nei vertici esterni e nei vertici interni e delle staffe; [φ<sub>vi</sub>] = Significativo e valorizzato solo in caso di sezione cava.

L, n<sub>req</sub>, n<sub>r</sub>, φ Per sezione del pilastro rettangolare e armata simmetricamente, lunghezza, numero di registri, numero di barre e relativo diametro per il lato 1 e 2 della sezione. Se la sezione considerata non è rettangolare e/o simmetricamente armata, tali colonne sono vuote e le informazioni riguardanti l'armatura sono riportate per ciascun lato in apposita casella di testo.

## 8.5.2 Basamento Trasformatore

Il trasformatore della S.U. poggerà su una fondazione a platea in c.a. di 50 cm di spessore. Il peso del trasformatore è di 7,5 ton.

Le dimensioni di ingombro del trasformatore sono: 1,5 x 2.5 mt.

Applicando la formula Terzaghi

$$q_{lim} = 3.346 \text{ KN}$$

adottando un coefficiente di sicurezza pari a 2,3 si ha che

$$q_{lim} = 1.454 \text{ KN}$$

$$q_{agente} = 87,27 \text{ KN}$$

qlim ≥ qagente VERIFICA SODDISFATTA

### 8.5.3 Fondazioni opere elettromeccaniche

Le fondazioni dei sostegni sbarre, delle apparecchiature e degli ingressi di linea in stazione, sono realizzate in calcestruzzo armato gettato in opera. Esse sono state predimensionate secondo il progetto unificato ENEL per le stazioni, e tengono conto di pressioni massime sul terreno pari a 0,8 da N/cm<sup>2</sup>. In fase di progettazione esecutiva sarà verificata la adeguatezza delle fondazioni ai sensi della vigente normativa sismica. Le caratteristiche delle fondazioni delle principali apparecchiature, secondo il progetto unificato, sono riportate nei disegni allegati. Le coperture dei pozzetti e dei cunicoli facenti parte delle suddette fondazioni, saranno in PRFV con resistenza di 2000 da N. I cunicoli per cavetteria saranno realizzati in calcestruzzo armato gettato in opera, oppure prefabbricati; le coperture in PRFV saranno carrabili con resistenza di 5000 da N

Mesagne 20/02/2021

Il Tecnico Ing.  
Giorgio Vece