



Progetto

**PROGETTO DELL'IMPIANTO AGRIVOLTAICO E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE DA REALIZZARE NEL COMUNE DI MARTIS e CHIARAMONTI (SS) CON POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 39,2MW. DENOMINAZIONE IMPIANTO "19185 - MARTIS"**

Proponente

LUCE MARTIS S.R.L.  
Via N. Sauro, 22  
42017 Novellara (RE)

Firma



Progettisti

**RESPONSABILE DEL PROGETTO**  
P.I. Luca Catellani  
Collegio Periti RE n. 1101

**PROGETTAZIONE DELLE STRUTTURE**  
Ing. Davide Vezzani  
Ordine degli Ingegneri RE n. 933



**Procedura di Valutazione Impatto Ambientale ai sensi dell'art. 23 del D.Lgs 152 / 2006 e ss. mm. ii.**

Autorità competente  
**Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica**

Tabella revisioni

REV.	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	CONTROLLATO
03				
02				
01				
00	11/23	PRIMA EMISSIONE		

Fase di Progetto

DEFINITIVO

Elaborato

RELAZIONE PRELIMINARE  
STRUTTURE

Tavola N.

PDR06

File

PDR06

Scala

---

RELAZIONE PRELIMINARE STRUTTURE

## Indice

1.	PREMESSA .....	2
2.	DISPOSIZIONI GENERALI .....	3
3.	NORMATIVA TECNICA E RIFERIMENTI TECNICI UTILIZZATI .....	5
4.	CARATTERISTICHE DEL TERRENO .....	6
5.	DESCRIZIONE DEI MATERIALI.....	8
6.	ANALISI DEI CARICHI .....	10
6.1.	AZIONE DEL VENTO .....	10
6.2.	AZIONE DA NEVE.....	12
7.	DEFINIZIONE DELLE COMBINAZIONI.....	14
8.	DESCRIZIONE DELLE STRUTTURE - TRACKER .....	15
8.1.	PROFONDITA' DI INFISSIONE .....	16
9.	DESCRIZIONE DELLE STRUTTURE – UFFICI E MAGAZZINO .....	18
9.1.	PLATEE DI FONDAZIONE .....	20
9.2.	PLATEE DI FONDAZIONE – RISULTATI DI CALCOLO .....	21
10.	DESCRIZIONE DELLE STRUTTURE – POWER STATION .....	26
10.1.	PLINTI DI FONDAZIONE .....	27
10.2.	PLINTI DI FONDAZIONE – RISULTATI DI CALCOLO.....	28
11.	CONCLUSIONI .....	31

Società di Scopo:



Progettista:

restart

## RELAZIONE PRELIMINARE STRUTTURE

### 1. PREMESSA

---

La presente relazione preliminare di calcolo tratta del dimensionamento di massima delle strutture necessarie per la realizzazione dell'impianto fotovoltaico a terra, da realizzare nei territori comunali di Martis e Chiaramonti (SS), di potenza nominale pari a 39,2 MW.

Dal punto di vista strutturale il progetto prevede la realizzazione delle seguenti strutture:

- Pali metallici di sostegno delle strutture ad inseguimento monoassiale;
- Plinti di fondazione per il sostegno di gruppi di conversione prefabbricati;
- Locali tecnici in c.a. da realizzare in opera.

La presente relazione fa parte del progetto realizzato in fase autorizzativa (Valutazione Impatto Ambientale) e riporta le indicazioni per le verifiche di massima più significative delle strutture di cui sopra, fermo restando che calcoli e verifiche esecutive dovranno essere attuate dal costruttore delle suddette strutture (platee e strutture di sostegno dei moduli) in quanto su queste tipologie di elementi ogni fornitore ha una propria tecnologia costruttiva, proprie geometrie e proprie caratteristiche tecniche e meccaniche da rispettare.

Non è pertanto possibile effettuare un calcolo esecutivo preventivo sulle strutture in acciaio poste a sostegno dei pannelli prima di avere individuato il rispettivo fornitore. Queste possono infatti variare sia in termini di materiale che di altezza, resistenza e sezione (sezione cava, rettangolare, circolare, profilato a doppio T, ecc.).

Scopo di questa relazione è pertanto quello di individuare le modalità con cui andranno successivamente effettuate le verifiche ed i calcoli e dare indicazioni di massima sulle platee di fondazione in riferimento alle condizioni geotecniche del terreno.

Naturalmente le suddette strutture andranno verificate, in fase esecutiva, facendo riferimento al Decreto del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti 17 gennaio 2018 (pubblicato sul Supplemento Ordinario alla Gazzetta Ufficiale n. 42 del 28 febbraio 2018), recante "Aggiornamento delle norme tecniche per le costruzioni", e alla Circolare C.S.LL.PP. n. 7 del 21/01/2019, "Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni»» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018".

Le verifiche statiche andranno eseguite con il "metodo semiprobabilistico agli stati limite".

Società di Scopo:



Progettista:

restart

## 2. DISPOSIZIONI GENERALI

Secondo le disposizioni della Regione Autonoma della Sardegna, le tipologie di opere considerate nel progetto in esame sono soggette agli adempimenti di deposito della documentazione relativa alla Denuncia Inizio Lavori.

Prima dell'inizio dei lavori deve essere presentata, tramite PEC, al Servizio del Genio Civile competente e allo sportello unico comunale, la seguente documentazione:

- Denuncia di inizio lavori, in bollo, firmata dal legale rappresentante dell'impresa (nella denuncia devono sempre essere indicati i nominativi e i recapiti del committente, del progettista delle strutture, del direttore dei lavori delle strutture e del costruttore);
- Planimetria in scala adeguata con l'ubicazione dell'opera;
- Copia del titolo edilizio;
- Progetto delle strutture firmato dal progettista, composto da:
  - Relazione di calcolo;
  - Relazione illustrativa dei materiali impiegati, firmata anche dal direttore dei lavori;
  - Elaborati grafici;
  - Particolari costruttivi;
  - Piano di manutenzione delle strutture;
  - Copia dell'atto di nomina del collaudatore, scelto dal committente, completo di accettazione dell'incarico da parte del collaudatore.

In riferimento al D.P.R. 380/2001, le strutture considerate nel progetto possono essere identificate nella classificazione di cui all'art. 94 bis (L) – Disciplina degli interventi strutturali in zone sismiche:

*comma 1. c) interventi «privi di rilevanza» nei riguardi della pubblica incolumità:*

- 1. Gli interventi che, per loro caratteristiche intrinseche e per la destinazione d'uso, non costituiscono pericolo per la pubblica incolumità.*

Con l'entrata in vigore in data 23/10/2005 della classificazione sismica prevista dalla Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274/2003, "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche

Società di Scopo:



Progettista:

restart

## RELAZIONE PRELIMINARE STRUTTURE

per le costruzioni in zona sismica", e ss.mm.ii., la Protezione Civile ha realizzato una Carta delle Zone Sismiche del territorio nazionale.

In tali carte sono indicati i limiti comunali e a ciascuno di loro è stato assegnato un valore di pericolosità compreso tra 1 e 4 in funzione dei valori di accelerazione di picco orizzontale del suolo ( $a_g$ ), con probabilità di superamento del 10% in 50 anni. Nello schema di seguito riportato, i valori di classificazione sismica:

zona	Accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni ( $a_g/g$ )	Accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico (Norme Tecniche) ( $a_g/g$ )
1	> 0,25	0,35
2	0,15 – 0,25	0,25
3	0,05 – 0,15	0,15
4	< 0,05	0,05

Come tutto il territorio Sardo, il comune di Martis viene classificato come **zona 4**, ovvero caratterizzato da un'attività sismica molto bassa.

Le strutture prefabbricate potrebbero anche rientrare, dal punto di vista strutturale, tra gli interventi privi di rilevanza sismica, questo unito al fatto che la classificazione in zona 4 individua una bassa sismicità del territorio.

Per tale tipologia di interventi, il comma 4 dell'art. 94 bis del D.P.R. 380/2001, fermo restando l'obbligo del titolo abilitativo all'intervento edilizio, prevede, in deroga a quanto previsto all'articolo 94, comma 1, del D.P.R. 380/2001 che le disposizioni di cui al comma 3 dello stesso art. 94 bis non si applicano per lavori relativi ad interventi "privi di rilevanza" di cui al comma 1, lettera c) e, pertanto, non è prevista l'acquisizione della preventiva autorizzazione sismica di cui all'art. 94 dello stesso D.P.R. 380/2001 neanche nei casi in cui l'intervento è localizzato in comuni in zona sismica 2. Peraltro il Comune di Martis si trova in zona sismica 4, quindi di ancor minore grado di pericolosità sismica.

Società di Scopo:



Progettista:

restart

RELAZIONE PRELIMINARE STRUTTURE

### 3. NORMATIVA TECNICA E RIFERIMENTI TECNICI UTILIZZATI

La relazione tecnica di calcolo ed i calcoli stessi andranno redatti facendo riferimento alla normativa tecnica italiana di settore, ed in particolare:

Legge 5/11/1971, n° 1086	"Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica."
Circolare Ministero dei Lavori Pubblici n. 11951 del 14/02/1974	"Legge 5 novembre 1971, n. 1086. Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica. Istruzioni per l'applicazione."
Legge 2/02/1974, n° 64	"Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche."
D.P.R. 6 giugno 2001, n. 380	"Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia."
D.M. 17/01/2018	"Aggiornamento delle norme tecniche per le costruzioni."
Circolare C.S.LL.PP. n. 7 del 21/01/2019	"Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni»» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018."

Per quanto riguarda l'azione del vento sui pannelli fotovoltaici si deve fare riferimento anche alla seguente norma tecnica di comprovata validità:

CNR-DT 207 R1/2018	"Istruzioni per la valutazione delle azioni e degli effetti del vento sulle costruzioni."
--------------------	---

Società di Scopo:



Progettista:

restart

## 4. CARATTERISTICHE DEL TERRENO

---

Dallo studio della cartografia geologica del territorio – Carta Geologica di Base della Sardegna – si evince che l’impianto in progetto sarà ubicato prevalentemente in corrispondenza delle UNITA’ DI NURAGHE GIUNTAS e, in parte minore, in corrispondenza della FORMAZIONE DEL RIO MINORE. Anche l’UNITA’ DI LOGULENTU sarà interessata dall’impianto, ma in quantitativo irrisorio rispetto alle aree sopracitate. Di seguito, le caratteristiche principali di ogni tipologia di terreno:

UNITÀ DI NURAGHE GIUNTAS - Depositi di flusso piroclastico in facies ignimbrítica, a chimismo riodacítico, saldati, con cristalli liberi di Pl, Sa, Cpx, vitroclastici o saldati con tessitura eutaxítica. Localmente alla base è presente un paleosuolo. BURDI

FORMAZIONE DEL RIO MINORE. Depositi epiclastici con intercalazioni di selci, siltiti e marne con resti di piante, conglomerati, e calcari silicizzati di ambiente lacustre (Formazione lacustre Auct.). BURDIGALIANO

UNITÀ DI LOGULENTU. Depositi di flusso piroclastico in facies ignimbrítica, pomiceo-cineritici, saldati, di colore rossastro, con tessitura macroeutaxítica. BURDIGALIANO

L’immagine di seguito riporta uno stralcio della Carta Geologica di Base della Sardegna ove è stato localizzato l’impianto in progetto.

Dall’analisi del Piano stralcio per l’assetto idrogeologico del bacino unico della Regione Sardegna (PAI) non si evidenziano situazioni di pericolosità idraulica.

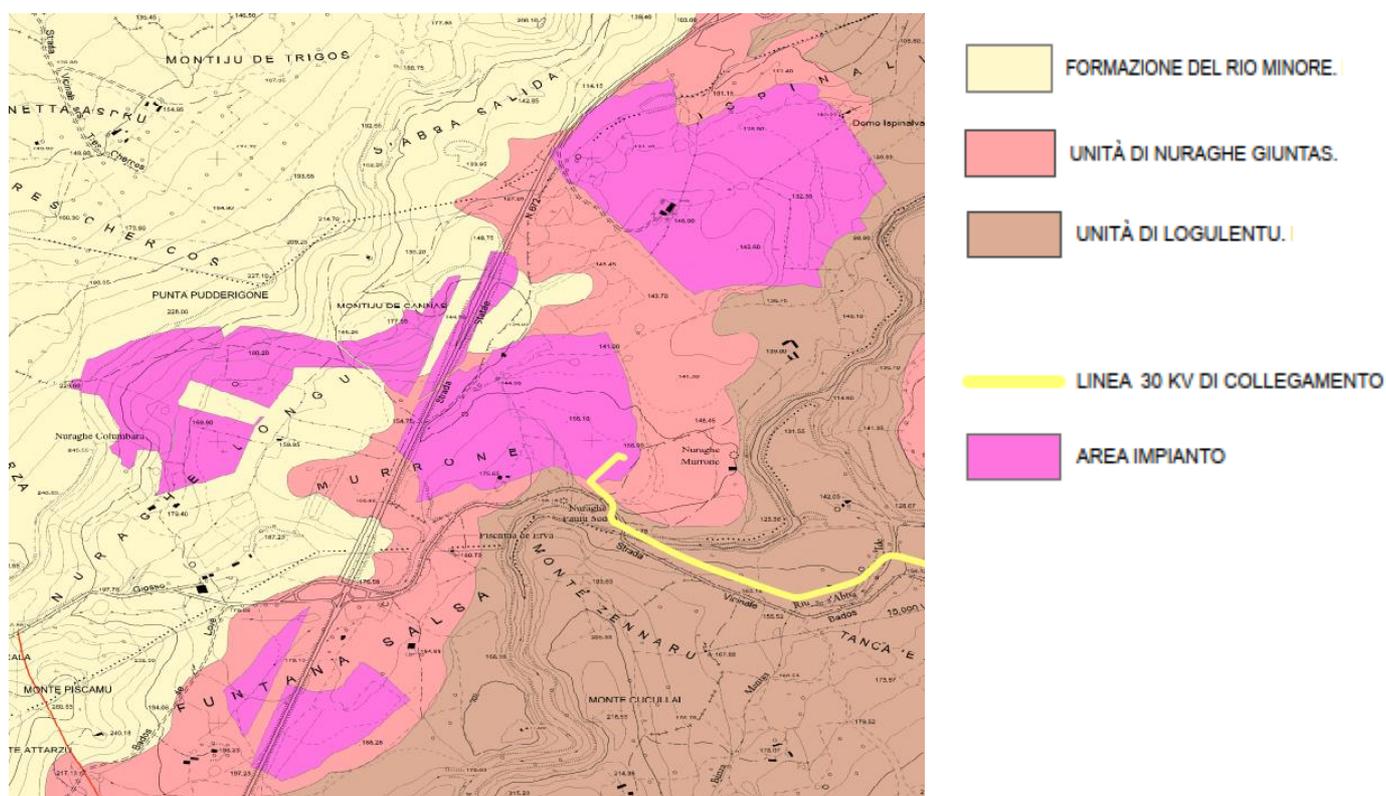
Società di Scopo:



Progettista:

restart

RELAZIONE PRELIMINARE STRUTTURE



Da prove sperimentali effettuate in punti limitrofi alle aree di interesse, le caratteristiche del terreno considerate nei calcoli sono:

- Terreno non coesivo;
- Peso specifico 1500 kg/m<sup>3</sup>;
- Angolo di attrito 30°;
- Coesione 0,2 kg/m<sup>3</sup>;
- OCR pari ad 1.

Per tutte le informazioni riguardanti le caratteristiche del terreno su quale verrà realizzato l'impianto in progetto, si faccia riferimento alla Relazione Geologica-Idrogeologica (RGIR01) in allegato al progetto.

Società di Scopo:



Progettista:

restart

## 5. DESCRIZIONE DEI MATERIALI

Tutti i materiali strutturali impiegati dovranno 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 il sostegno dei pannelli verranno utilizzate strutture metalliche le cui caratteristiche tecniche dovranno essere esplicitate dagli stessi costruttori corredati dai relativi calcoli strutturali. I parametri fondamentali per la descrizione dei materiali impiegati sono di seguito espressi. Particolare attenzione dovrà essere posta nella descrizione delle diverse giunzioni che si prevede realizzare.

**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;

**St<sub>z</sub>** Stato di fatto [F], stato di progetto [P];

**f<sub>tk,1</sub>** Resistenza caratteristica a rottura (profili con  $t \leq 40\text{mm}$ );

**f<sub>tk,2</sub>** Resistenza caratteristica a rottura (profili con  $40\text{mm} < t \leq 80\text{mm}$ );

**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 precarico di bulloni ad alta resistenza;

Società di Scopo:



Progettista:

restart

## RELAZIONE PRELIMINARE STRUTTURE

**$f_{yk,1}$**  Resistenza caratteristica allo snervamento (profili con  $t \leq 40\text{mm}$ );

**$f_{yk,2}$**  Resistenza caratteristica allo snervamento (profili con  $40\text{mm} < t \leq 80\text{mm}$ );

**$f_{yd,1}$**  Resistenza di calcolo (profili con  $t \leq 40\text{mm}$ );

**$f_{yd,2}$**  Resistenza di calcolo (profili con  $40\text{mm} < t \leq 80\text{mm}$ ).

Nella maggior parte dei casi, le strutture di sostegno ai moduli sono costituite da profilati in acciaio sagomato a freddo. La circolare n. 7 del 21 gennaio 2019 al paragrafo C.4.2.12.1.1 consente di prendere in esame, per tali elementi, un valore incrementato della tensione allo snervamento.

Per il calcestruzzo andranno invece indicati i parametri di seguito elencati:

**$\gamma_k$**  Peso specifico;

**$\alpha_{\tau,i}$**  Coefficiente di dilatazione termica;

**E** Modulo elastico normale;

**G** Modulo elastico tangenziale;

**Stz** Stato di fatto [F], stato di progetto [P];

**$C_{Erd}$**  Coefficiente di riduzione di E per Analisi Sismica [ $E_{sisma} = E C_{Erd}$ ];

**$R_{ck}$**  Resistenza caratteristica cubica;

**$R_{cm}$**  Resistenza media cubica;

**$\%o_{ck}$**  Percentuale di riduzione di  $R_{ck}$ ;

**$\gamma_c$**  Coefficiente parziale di sicurezza del materiale;

**$f_{cd}$**  Resistenza di calcolo a compressione;

**$f_{ctd}$**  Resistenza di calcolo a trazione;

**$f_{cfm}$**  Resistenza media a trazione per flessione.

In questa fase si considerano fabbricati gettati in opera, realizzati in cemento armato; ogni variazione, in aggiunta, di materiali diversi da quelli indicati dovrà essere caratterizzata in modo esaustivo secondo quanto richiesto dalla normativa di settore.

Società di Scopo:



Progettista:

**restart**

## 6. ANALISI DEI CARICHI

La valutazione dei carichi dovrà essere approfonditamente studiata in sede di progetto esecutivo facendo riferimento alle disposizioni previste dal D.M. 17/01/2018 in quanto la valutazione dei carichi permanenti dovrà essere effettuata sulle caratteristiche geometriche e meccaniche definitive delle strutture.

Le azioni sulla singola struttura in esame dovranno essere valutate in accordo con capitolo 3 del D.M. 2018 tenendo in particolare considerazione:

- Carichi permanenti strutturali e non strutturali;
- Azioni del vento;
- Azioni da neve;
- Azione sismica.

Le azioni così ottenute andranno opportunamente combinate tra loro in base alle combinazioni di carico indicate dalla normativa di riferimento con i relativi coefficienti amplificativi.

Successivamente all'individuazione dei carichi di progetto, le verifiche andranno effettuate tenendo in considerazione il metodo semiprobabilistico degli stati limite secondo le indicazioni del sopracitato D.M. 17/01/2018.

Le azioni permanenti gravitazionali associate ai pesi propri dei materiali strutturali derivano dalle dimensioni geometriche effettive e dal peso delle unità di volume dei materiali con cui sono realizzate le parti strutturali della costruzione.

### 6.1. AZIONE DEL VENTO

In questo paragrafo si intende fornire le linee guida per il soddisfacimento delle verifiche imposte dalle Norme Tecniche delle Costruzioni in relazione all'azione del vento.

La pressione del vento è fornita dall'espressione:

$$p = q_r \cdot c_e \cdot c_p \cdot c_d \quad (\text{relazione 3.3.4 - D.M. 2018});$$

dove

**$q_r$** : la pressione cinetica di riferimento data dall'espressione:

Società di Scopo:



Progettista:

restart

RELAZIONE PRELIMINARE STRUTTURE

$$q_b = 1/2 \cdot \rho \cdot v_r^2 \quad (\text{relazione 3.3.6 - D.M. 2018});$$

Con:

**$\rho$** : densità dell'aria

**$v_r$** : velocità di riferimento del vento (in m/s), data da (Eq. 3.3.2 - D.M. 2018):

$$v_r = v_b \cdot c_r$$

**$c_r$** : coefficiente dato dalla seguente relazione:

$$c_r = 0,75^2 \sqrt{1 - 0,2 \times \ln[-\ln(1 - \frac{1}{T_R})]} \quad (\text{relazione 3.3.3 - D.M. 2018})$$

**$v_b$** : velocità di riferimento del vento associata ad un periodo di ritorno specifico, data da:

$$v_b = v_{b,0} \cdot c_a \quad \text{dove:}$$

**$c_a$**  è il coefficiente di altitudine fornito dalla relazione:

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

**$v_{b,0}$ ,  $a_0$ ,  $k_s$** : parametri forniti dalla Tab. 3.3.I del §3.3.2 D.M. 2018

**$a_s$** : altitudine sul livello del mare (m.s.l.m) del sito ove sorge la costruzione;

**$T_R$** : periodo di ritorno espresso in anni.

**$C_e$** : coefficiente di esposizione, che per altezza sul suolo ( $z$ ) non maggiori di 200 m è dato dalla formula:

$$c_e(z) = k_r^2 \cdot c_t \cdot \ln(z/z_0) \cdot [7 + c_t \cdot \ln(z/z_0)] \quad \text{per } z \geq z_{min} \quad (\text{relazione 3.3.7 - D.M. 2018});$$

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

dove:

**$k_r$ ,  $z_0$ ,  $z_{min}$**  sono parametri forniti dalla Tab. 3.3.II del par. 3.3.7 D.M. 2018 (*funzione della categoria di esposizione del sito e della classe di rugosità del terreno*);

**$c_t$** : coefficiente di topografia.

Società di Scopo:



Progettista:

restart

## RELAZIONE PRELIMINARE STRUTTURE

**cp:** coefficiente di forma (o coefficiente aerodinamico), funzione della tipologia e della geometria della costruzione e del suo orientamento rispetto alla direzione del vento (cfr. § 3.3.8 - D.M. 2018).

**cd:** coefficiente dinamico (assunto pari ad 1; par. 3.3.9 - D.M. 2018).

### 6.2. AZIONE DA NEVE

Il carico da neve andrà calcolato seguendo le prescrizioni del §3.4 del D.M. 2018 e le integrazioni della Circolare n. 7 del 2019. Sarà necessario combinare il carico neve con le altre azioni definite al §2.5.3 utilizzando i coefficienti di combinazione della Tabella 2.5.I del D.M. 2018.

*Il carico da neve superficiale da applicare sulle coperture e sui pannelli andrà stimato utilizzando la relazione [cfr. §3.4.1 D.M. 2018]:*

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

dove:

- **q<sub>sk</sub>** è il valore di riferimento del carico della neve al suolo, in [kN/m<sup>2</sup>].

Tale valore è calcolato in base alla posizione ed all'altitudine ( $a_s$ ) secondo quanto indicato alla tabella 5. Nel caso in esame, vanno presi in considerazione i valori della zona III (provincia di Sassari) con un  $a_s > 200m$  - l'altezza media sul livello del mare del Comune di Martis è fissata a 295 metri - definendo così un  $q_{sk}=0,70$  kN/m<sup>2</sup>.

Società di Scopo:



Progettista:

restart

RELAZIONE PRELIMINARE STRUTTURE

Zona	$a_s \leq 200 \text{ m}$	$a_s > 200 \text{ m}$
I – Alpina	$q_{sk} = 1,50 \text{ kN/m}^2$	$q_{sk} = 1,39 [1+(a_s/728)^2] \text{ kN/m}^2$
I – Mediterranea	$q_{sk} = 1,50 \text{ kN/m}^2$	$q_{sk} = 1,35 [1+(a_s/602)^2] \text{ kN/m}^2$
II	$q_{sk} = 1,00 \text{ kN/m}^2$	$q_{sk} = 0,85 [1+(a_s/481)^2] \text{ kN/m}^2$
III	$q_{sk} = 0,60 \text{ kN/m}^2$	$q_{sk} = 0,51 [1+(a_s/481)^2] \text{ kN/m}^2$

<p>Mappe delle zone di carico della neve [cfr. Fig. 3.4.1 D.M. 2018].</p>	<p><b>Zone di carico della neve</b></p> <p><b>I - Alpina:</b> Aosta, Belluno, Bergamo, Biella, Bolzano, Brescia, Como, Cuneo, Lecco, Pordenone, Sondrio, Torino, Trento, Udine, Verbano-Cusio-Ossola, Vercelli, Vicenza</p> <p><b>I - Mediterranea:</b> Alessandria, Ancona, Asti, Bologna, Cremona, Forlì-Cesena, Lodi, Milano, Modena, Monza Brianza, Novara, Parma, Pavia, Pesaro e Urbino, Piacenza, Ravenna, Reggio Emilia, Rimini, Treviso, Varese</p> <p><b>II:</b> Arezzo, Ascoli Piceno, Avellino, Bari, Barletta-Andria-Trani, Benevento, Campobasso, Chieti, Fermo, Ferrara, Firenze, Foggia, Frosinone, Genova, Gorizia, Imperia, Isernia, L'Aquila, La Spezia, Lucca, Macerata, Mantova, Massa Carrara, Padova, Perugia, Pescara, Pistoia, Prato, Rieti, Rovigo, Savona, Teramo, Trieste, Venezia, Verona</p> <p><b>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</p>
---	---

Tabella 4 - Valori di riferimento del carico della neve al suolo,  $q_{sk}$  (cfr. §3.4.2 D.M. 2018)

-  $\mu$  è il coefficiente di forma della copertura, funzione dell'inclinazione della falda ( $\alpha$ ) e della sua morfologia (vedi tabelle seguenti);

Coefficiente di forma	$0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$	$30^\circ < \alpha < 60^\circ$	$\alpha \geq 60^\circ$
$\mu_1$	0,8	$0,8 \cdot (60 - \alpha) / 30$	0,0
$\mu_2$	$0,8 + 0,8 \cdot \alpha / 30$	1,6	-

Tabella 5 - Valori dei coefficienti di forma per falde piane (cfr. Tab. 3.4.II D.M. 2018 e Tab. C3.4.I Circolare 2019 n. 7)

Nel caso delle strutture di sostegno dei pannelli, si ricorda che l'inclinazione media è posta pari a  $30^\circ (\pm 60^\circ)$ , mentre la copertura dei locali tecnici avrà un'inclinazione compresa tra  $0^\circ$  e  $30^\circ$ .

- CE è il coefficiente di esposizione, funzione della topografia del sito (si veda la seguente tabella);

Società di Scopo:



Progettista:



## RELAZIONE PRELIMINARE STRUTTURE

Topografia	Descrizione	C <sub>e</sub>
Battuta dai venti	Aree pianeggianti non ostruite esposte su tutti i lati, senza costruzioni o alberi più alti	0,9
Normale	Aree in cui non è presente una significativa rimozione di neve sulla costruzione prodotta dal vento, a causa del terreno, altre costruzioni o alberi	1,0
Riparata	Aree in cui la costruzione considerata è sensibilmente più bassa del circostante terreno o circondata da costruzioni o alberi più alti	1,1

**Tabella 7 - Valori di CE per diverse classi di esposizione (cfr. Tab. 3.4.I D.M. 2018)**

Il sito risulta essere poco pianeggiante, in cui non è presente una significativa rimozione di neve sulle costruzioni prodotta dal vento, a causa del terreno pertanto, in base alla descrizione fornita nella Tabella 7, è ragionevole l'assunzione di un coefficiente di esposizione pari a 1.

- Ct è il coefficiente termico, cautelativamente posto pari ad 1 (cfr. §3.4.4 D.M. 2018).

## 7. DEFINIZIONE DELLE COMBINAZIONI

Le azioni sulla costruzione dovranno essere combinate secondo le regole previste dalla normativa vigente. Le combinazioni previste dalle NTC18 sono destinate al controllo di sicurezza della struttura ed alla verifica degli spostamenti e delle sollecitazioni.

Ai fini delle verifiche degli stati limite si definiscono le seguenti combinazioni delle azioni:

- Combinazione fondamentale SLU:

$$\gamma G1 \cdot G1 + \gamma G2 \cdot G2 + \gamma P \cdot P + \gamma Q1 \cdot Qk1 + \gamma Q2 \cdot \psi 02 \cdot Qk2 + \gamma Q3 \cdot \psi 03 \cdot Qk3 + \dots$$

- Combinazione caratteristica (rara) SLE:

$$G1k + G2k + P + Qk1 + \psi 02 \cdot Qk2 + \psi 03 \cdot Qk3 + \dots$$

- Combinazione frequente SLE:

$$G1k + G2k + P + \psi 11 \cdot Qk1 + \psi 22 \cdot Qk2 + \psi 23 \cdot Qk3 + \dots$$

- Combinazione quasi permanente SLE:

$$G1k + G2k + P + \psi 21 \cdot Qk1 + \psi 22 \cdot Qk2 + \psi 23 \cdot Qk3 + \dots$$

- Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E:

$$E + G1k + G2k + P + \psi 21 \cdot Qk1 + \psi 22 \cdot Qk2 + \dots$$

Società di Scopo:



Progettista:

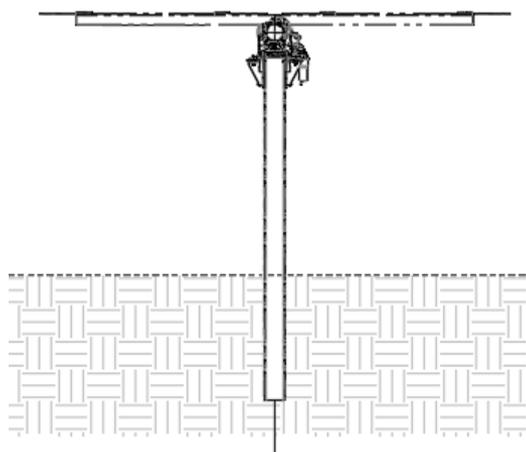
restart

## RELAZIONE PRELIMINARE STRUTTURE

Le verifiche strutturali e geotecniche andranno effettuate in conformità al solo approccio 2 come previsto dal D.M.2018 applicando gli opportuni coefficienti richiesti dalla verifica.

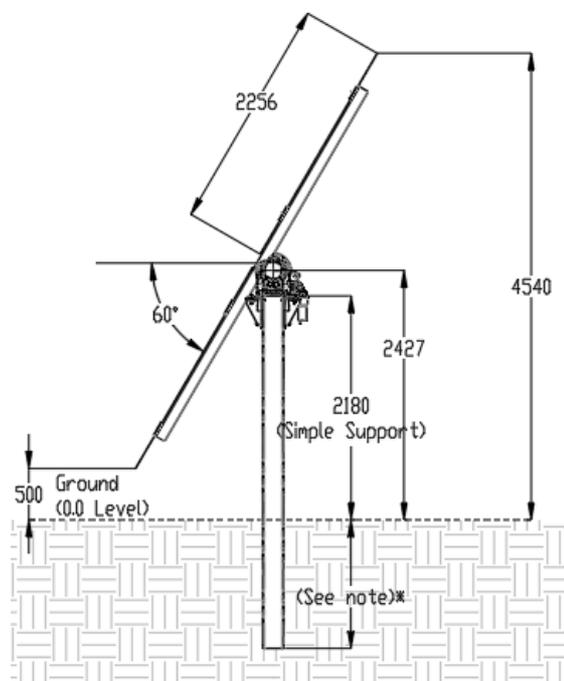
### 8. DESCRIZIONE DELLE STRUTTURE - TRACKER

I pannelli fotovoltaici saranno fissati sui tracker motorizzati monoassiali, realizzati con profili in acciaio zincato a caldo. La struttura di sostegno è realizzata in montanti in acciaio infissi nel terreno per una profondità variabile in funzione delle caratteristiche geomeccaniche del sito.



In posizione di sicurezza l'altezza massima dal piano campagna è pari a 2,45 metri.

Questa condizione si verifica in caso di non funzionamento dell'impianto, ad esempio di notte, oppure quando, a causa del vento, si rende necessario ridurre la superficie esposta all'azione.



L'altra posizione limite assunta da questa tipologia di supporto è quella che presenta una inclinazione del modulo di  $\pm 60^\circ$ . L'altezza minima da terra è fissata a 0,5 metri mentre l'altezza massima è pari a 4,54 metri.

Società di Scopo:



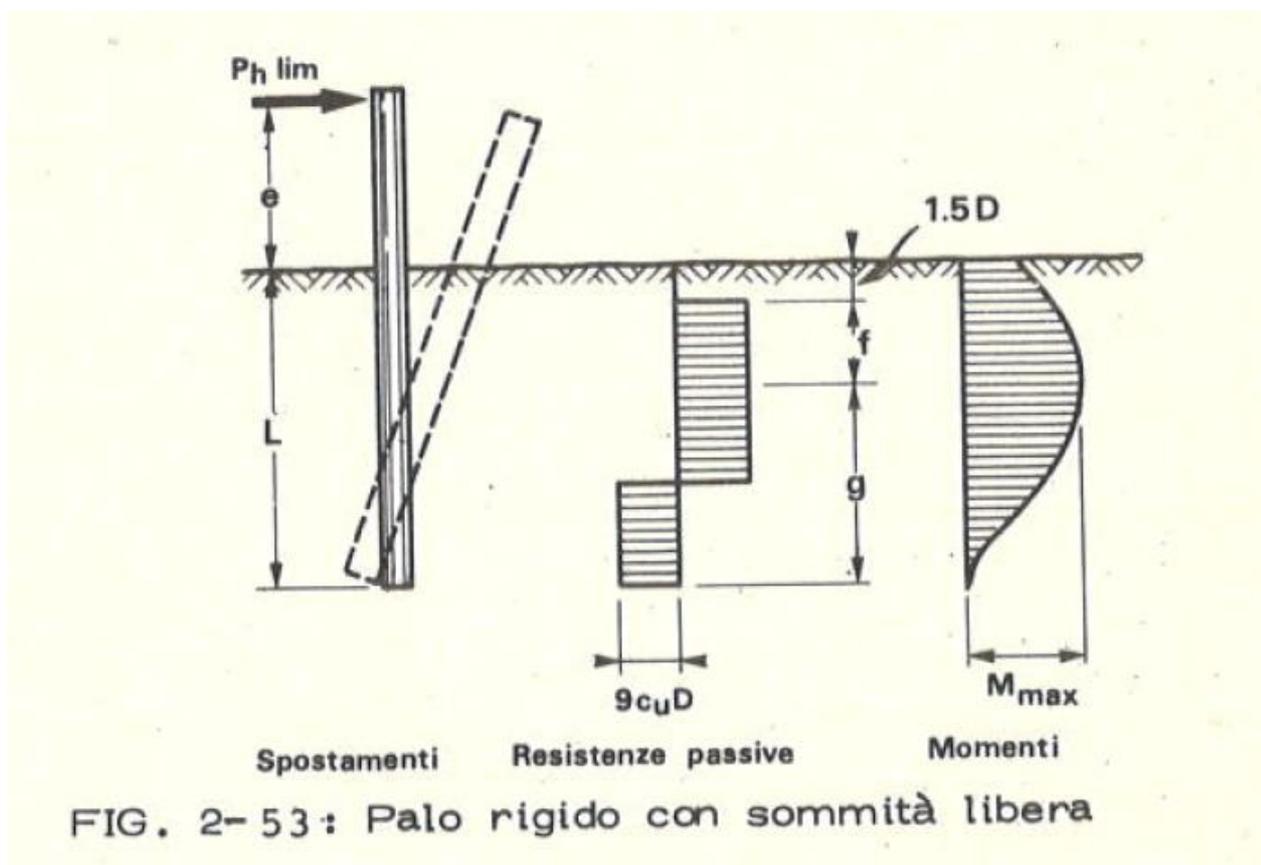
Progettista:

restart

## 8.1. PROFONDITA' DI INFISSIONE

Il calcolo della profondità di infissione del profilato metallico che supporta i moduli fotovoltaici viene eseguito considerandolo come un palo rigido in terreno sottoposto ad una azione orizzontale, che costituisce la sollecitazione più gravosa per il palo stesso.

La distribuzione delle spinte del terreno mobilitate dallo spostamento del palo può essere ricavata dalla teoria di Broms (1964), adottando un andamento rettangolare con valore massimo pari a nove volte la resistenza a taglio valutata a partire da una distanza del piano di campagna di 1,5 volte il diametro del palo. Nella figura seguente si riporta lo schema del palo con l'andamento delle pressioni nel terreno e del momento flettente nel palo stesso.



Dalla teoria di Broms si ottengono le seguenti relazioni:

$$f = \frac{P_{h,lim}}{9 \cdot c_u \cdot D}$$

Società di Scopo:



Progettista:

restart

## RELAZIONE PRELIMINARE STRUTTURE

$$M_d = P_{h,\text{lim}} \cdot (e + 1.5 \cdot D + 0.5 \cdot f)$$

$$P_{h,\text{lim}} = \frac{2.25 \cdot c_u \cdot D \cdot g^2}{e + 1.5 \cdot D + 0.5 \cdot f}$$

$$L = 1.5 \cdot D + f + g$$

La profondità di infissione dei pali varia in funzione della loro sezione (indicata nelle equazioni con la lettera D), dall'interasse che si intende adottare, inteso come passo tra due pali contigui della medesima struttura, nonché dalla tipologia di terreno su cui verrà realizzato l'impianto.

Da esperienza si è notato come, per un passo tra i pali di circa 4 metri, la profondità d'infissione varia dai 1,5-2,5 metri sempre in relazione alle caratteristiche meccaniche del terreno.

Vista la conformazione geometrica di queste strutture, la sollecitazione più gravosa è rappresentata dall'azione orizzontale del vento che incide sui pannelli e viene poi trasmessa al palo infisso nel terreno. È pertanto interessante il calcolo del modulo di reazione orizzontale del terreno che, assimilando il profilato in acciaio come un tipico palo, può essere trovato applicando il metodo di Chiarugi Maia (di seguito espresso).

$$k_h = \frac{E_d}{D \cdot (1 - \nu^2)} \cdot \left( \frac{E_d \cdot D^4}{E_p \cdot J} \right)^{\frac{1}{12}}$$

$E_d$  = Modulo Edometrico

$\nu$  = Coefficiente di Poisson (0.25)

$E_p$  = Modulo Elastico del palo

$D$  = Diametro del palo

$J$  = Momento d'Inerzia della sezione

Resta inteso che il calcolo della profondità di infissione dei pali, unitamente alle valutazioni delle azioni orizzontali del vento, sia rimandato al progetto esecutivo una volta nota la geometria e tutte le caratteristiche costruttive e dei materiali adottati per la realizzazione delle strutture.

Società di Scopo:



Progettista:

restart

## 9. DESCRIZIONE DELLE STRUTTURE – UFFICI E MAGAZZINO

I locali adibiti ad uffici e magazzino saranno interamente realizzati in opera.

Il principio costruttivo utilizzato in fase di progettazione è quello a telaio in cui la resistenza alle azioni sia verticali che orizzontali è affidata principalmente ai telai spaziali. In queste strutture i collegamenti tra elementi monodimensionali (trave-pilastro) devono garantire la congruenza degli spostamenti verticali e orizzontali.

I fabbricati saranno realizzati su apposite fondazioni che avranno il compito di supportare i carichi e trasmetterli ripartiti al terreno: le strutture di base scelte in fase di progettazione sono delle fondazioni superficiali – platee.

Si riportano di seguito le immagini relative alla pianta e i prospetti del locale "uffici".



*Locale Uffici: Prospetto Sud*



*Locale uffici: Prospetto Ovest*

Società di Scopo:

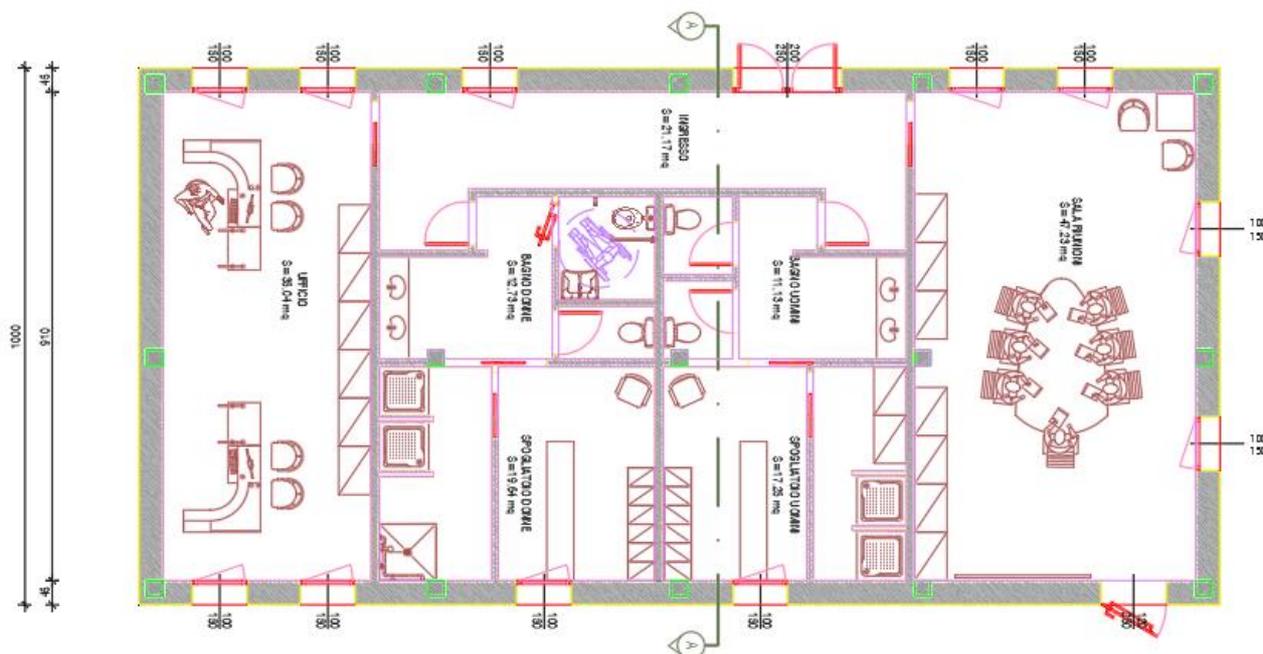


Progettista:

restart

## RELAZIONE PRELIMINARE STRUTTURE

Si noti come la struttura sia stata pensata per armonizzarsi il più possibile con l'ambiente circostante: le facciate sono ricoperte in materiale ligneo.



*Locale Uffici: Pianta*

Lo stesso principio costruttivo è stato utilizzato per la realizzazione del locale Magazzino.

Società di Scopo:



Progettista:

**restart**

## RELAZIONE PRELIMINARE STRUTTURE

### 9.1. PLATEE DI FONDAZIONE

Il riferimento normativo per il calcolo strutturale dei basamenti è quello fornito dalle NTC18 che, in riferimento alle fondazioni superficiali, come nel nostro caso, recita:

“La profondità del piano di posa della fondazione deve essere scelta e giustificata in relazione alle caratteristiche e alle prestazioni della struttura in elevazione, alle caratteristiche del sottosuolo e alle condizioni ambientali.”

I carichi da applicare risultano:

- Peso proprio dei materiali strutturali (G1)
- Carichi permanenti non strutturali (G2)
- Carichi variabili (Qk, qk, Hk), i quali comprendono l'azione del vento, azione sismica, l'azione della neve, sovraccarichi dovuti all'uso, carichi accidentali, quali urti ed esplosioni, ma anche distorsioni dovute alle variazioni termiche.

Tutte le azioni andranno combinate come indicato al capitolo 7 della presente relazione e come previsto nel capitolo 2.5. Azioni sulle costruzioni delle Norme Tecniche per le Costruzioni.

È di fondamentale importanza il calcolo del carico limite la cui formula esplicita l'equilibrio tra il carico applicato alla fondazione e la resistenza limite del terreno tramite la somma di tre fattori (Formulazione di Terzaghi a cui vengono applicati tutta una serie di coefficienti correttivi in funzione delle caratteristiche di struttura e terreno):

$$q_{lim} = c \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot g_c \cdot b_c \cdot \Psi_c + q \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot g_q \cdot b_q \cdot \Psi_q + \frac{B'}{2} \cdot \gamma_f \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot d_\gamma \cdot i_\gamma \cdot g_\gamma \cdot b_\gamma \cdot \Psi_\gamma \cdot r_\gamma$$

In cui:

c è la coesione del terreno al di sotto del piano di posa della fondazione;

q è la pressione geostatica in corrispondenza del piano di posa della fondazione;

B' è la larghezza ridotta della suola di fondazione;

Questi termini vengono corretti con l'introduzione dei fattori di capacità portante (Nc, Nq, N<sub>γ</sub>) e dei coefficienti correttivi che tengono conto della forma, della profondità, della eventuale pendenza del piano di posa, ecc.

Società di Scopo:



Progettista:

restart

## RELAZIONE PRELIMINARE STRUTTURE

L'analisi, realizzata tenendo in considerazione quanto detto nei capitoli precedenti, si riterrà soddisfatta se rispetterà tutte le verifiche agli stati limite imposti da normativa in cui vengono messe a confronto azioni e reazioni di progetto.

### 9.2. PLATEE DI FONDAZIONE – RISULTATI DI CALCOLO

In questo paragrafo di riportano le principali verifiche effettuate a valle del calcolo strutturale delle fondazioni. Si farà riferimento al locale Magazzini in quanto, a causa dei carichi a cui è sottoposto, trasferirà alla fondazione sollecitazioni più importanti rispetto al locale adibito ad Uffici. Resta inteso che entrambi i fabbricati e le relative fondazioni andranno compiutamente analizzate in fase esecutiva.

#### 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>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 [ $E_{sisma} = E \cdot C_{Erid}$ ].
- 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.

Società di Scopo:



Progettista:

restart

RELAZIONE PRELIMINARE STRUTTURE

MATERIALI ACCIAIO

Caratteristiche acciaio

Nid	$\gamma_k$	$\alpha_T, i$	E	G	Stz	LMT	$f_{yk}$	$f_{tk}$	$f_{yd}$	$f_{td}$	$\gamma_s$	$\gamma_{M1}$	$\gamma_{M2}$	$\gamma_{M3,SLV}$	$\gamma_{M3,SLE}$	$\gamma_{M7}$		
																NCnt	Cnt	
	[N/m <sup>3</sup> ]	[1/°C]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]			[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]								
<b>Acciaio B450C - Acciaio in Tondini - (B450C)</b>																		
002	78 500	0,000010	210 000	80 769	P	-	450,00	-	391,30	-	1,15	-	-	-	-	-	-	-

LEGENDA:

- Nid** Numero identificativo del materiale, nella relativa tabella dei materiali.  
**gk** Peso specifico.  
**aT, i** Coefficiente di dilatazione termica.  
**E** Modulo elastico normale.  
**G** Modulo elastico tangenziale.  
**Stz** Tipo di situazione: [F] = di Fatto (Esistente); [P] = di Progetto (Nuovo).  
**LMT** Campo di validità in termini di spessore t, (per profili, piastre, saldature) o diametro, d (per bulloni, tondini, chiodi, viti, spinotti)  
**fyk** Resistenza caratteristica allo snervamento  
**ftk** Resistenza caratteristica a rottura  
**fyd** Resistenza di calcolo  
**ftd** Resistenza di calcolo a Rottura (Bulloni).  
**gs** Coefficiente parziale di sicurezza allo SLV del materiale.  
**gM1** Coefficiente parziale di sicurezza per instabilità.  
**gM2** Coefficiente parziale di sicurezza per sezioni tese indebolite.  
**gM3,SLV** Coefficiente parziale di sicurezza per scorrimento allo SLV (Bulloni).  
**gM3,SLE** Coefficiente parziale di sicurezza per scorrimento allo SLE (Bulloni).  
**gM7** Coefficiente parziale di sicurezza precarico di bulloni ad alta resistenza (Bulloni - NCnt = con serraggio NON controllato; Cnt = con serraggio controllato). [-] = parametro NON significativo per il materiale.  
**NOTE** [-] = Parametro non significativo per il materiale.

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> ]
C25/30_B450C	Caratteristica(RARA) Quasi permanente	Compressione Calcestruzzo	14,94
		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.

Società di Scopo:



Progettista:

restart

RELAZIONE PRELIMINARE STRUTTURE

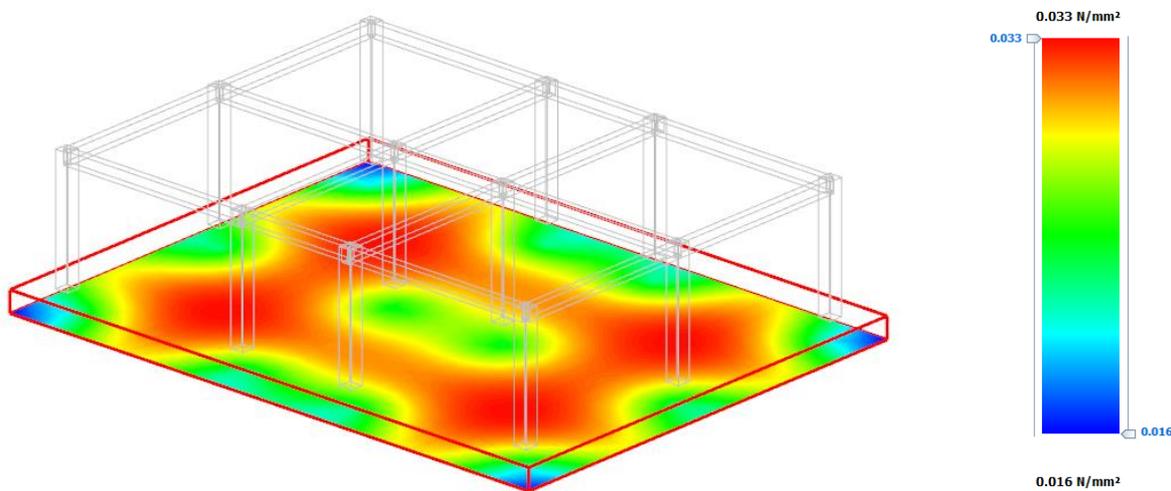
VERIFICHE CARICO LIMITE FONDAZIONI DIRETTE ALLO SLU (Fondazione)

Verifiche Carico Limite fondazioni dirette allo SLU

Id <sub>Fnd</sub>	CS	L <sub>X</sub> [m]	L <sub>Y</sub> [m]	R <sub>tz</sub> [°]	Z <sub>p.cmp</sub> [m]	Z <sub>Fld</sub> [m]	Cmp T	C. Terzaghi						Q <sub>Ed</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	Q <sub>Rd</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	R <sub>f</sub>
								per N <sub>q</sub>	per N <sub>c</sub>	per N <sub>γ</sub>	N <sub>q</sub>	N <sub>c</sub>	N <sub>γ</sub>			
Platea 1	10,47	21,52	16,52	90,00	0,95	-	NON Coesivo	0,52	0,48	0,19	18,40	30,14	22,40	0,029	0,301	NO

LEGENDA:

- Id<sub>Fnd</sub>** Descrizione dell'oggetto di fondazione al quale è riferita la verifica.
- 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).
- L<sub>X/Y</sub>** Dimensioni dell'elemento di fondazione.
- R<sub>tz</sub>** Angolo compreso tra l'asse X e il lato più lungo del minimo rettangolo che delimita il poligono della platea.
- Z<sub>p.cmp</sub>** Profondità di posa dell'elemento di fondazione dal piano campagna.
- Z<sub>Fld</sub>** Profondità della falda dal piano campagna.
- Cmp T** Classificazione del comportamento del terreno ai fini del calcolo.
- C.** Coefficienti correttivi per la formula di Terzaghi.
- Terzaghi**
- Q<sub>Ed</sub>** Carico di progetto sul terreno.
- Q<sub>Rd</sub>** Resistenza di progetto del terreno.
- R<sub>f</sub>** [SI] = elemento con presenza di rinforzo; [NO] = elemento senza rinforzo.



Risultati di calcolo: Fondazioni dirette allo SLU

Società di Scopo:



Progettista:



RELAZIONE PRELIMINARE STRUTTURE

VERIFICHE CARICO LIMITE FONDAZIONI DIRETTE ALLO SLD (Fondazione)

Verifiche Carico Limite fondazioni dirette allo SLD

Id <sub>Fnd</sub>	CS	L <sub>X</sub>	L <sub>Y</sub>	R <sub>tz</sub>	Z <sub>p.cmp</sub>	Z <sub>Fld</sub>	Cmp T	C. Terzaghi						Q <sub>Ed</sub>	Q <sub>Rd</sub>	R <sub>f</sub>
								per N <sub>q</sub>	per N <sub>c</sub>	per N <sub>γ</sub>	N <sub>q</sub>	N <sub>c</sub>	N <sub>γ</sub>			
Platea 1	17,78	21,52	16,52	90,00	0,95	-	NON Coesivo	0,51	0,47	0,18	18,40	30,14	22,40	0,021	0,375	NO

LEGENDA:

- Id<sub>Fnd</sub>** Descrizione dell'oggetto di fondazione al quale è riferita la verifica.  
**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).  
**L<sub>X/Y</sub>** Dimensioni dell'elemento di fondazione.  
**R<sub>tz</sub>** Angolo compreso tra l'asse X e il lato più lungo del minimo rettangolo che delimita il poligono della platea.  
**Z<sub>p.cmp</sub>** Profondità di posa dell'elemento di fondazione dal piano campagna.  
**Z<sub>Fld</sub>** Profondità della falda dal piano campagna.  
**Cmp T** Classificazione del comportamento del terreno ai fini del calcolo.  
**C.** Coefficienti correttivi per la formula di Terzaghi.  
**Terzaghi**  
**Q<sub>Ed</sub>** Carico di progetto sul terreno.  
**Q<sub>Rd</sub>** Resistenza di progetto del terreno.  
**R<sub>f</sub>** [SI] = elemento con presenza di rinforzo; [NO] = elemento senza rinforzo.

GEOTECNICA - VERIFICHE A SCORRIMENTO (Fondazione)

Geotecnica - Verifiche a scorrimento

Elm	Dir	N <sub>Ed</sub>	M <sub>Ed</sub>	V <sub>Ed</sub>	F <sub>RD1</sub>	F <sub>RD2</sub>	F <sub>RD3</sub>	F <sub>RD</sub>	CS
		[N]	[N·m]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	
Platea 1	B	7 496 086	-5 816	0	0	646322	158639	804961	NS
	L	7 496 086	-1	0	0	646322	206654	852975	NS

LEGENDA:

- Elm** Elemento di fondazione su cui si esegue la verifica.  
**Dir** Direzione di verifica: per Plinti [B]= asse locale 2; [L]= asse locale 3. Per Winkler [B]= asse locale 3; [L]= asse locale 1. Per Platee [B]= asse globale Y; [L]= asse globale X.  
**F<sub>RD1</sub>** Aliquota di resistenza allo scorrimento per attrito terra-fondazione.  
**F<sub>RD2</sub>** Aliquota di resistenza allo scorrimento per adesione.  
**F<sub>RD3</sub>** Aliquota di resistenza allo scorrimento per affondamento.  
**F<sub>RD</sub>** Resistenza allo scorrimento.  
**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</sub>, M<sub>Ed</sub>, V<sub>Ed</sub>** Sollecitazioni di progetto.

Società di Scopo:



Progettista:

restart

RELAZIONE PRELIMINARE STRUTTURE

Platee - VERIFICHE DELLE TENSIONI DI ESERCIZIO (Fondazione)

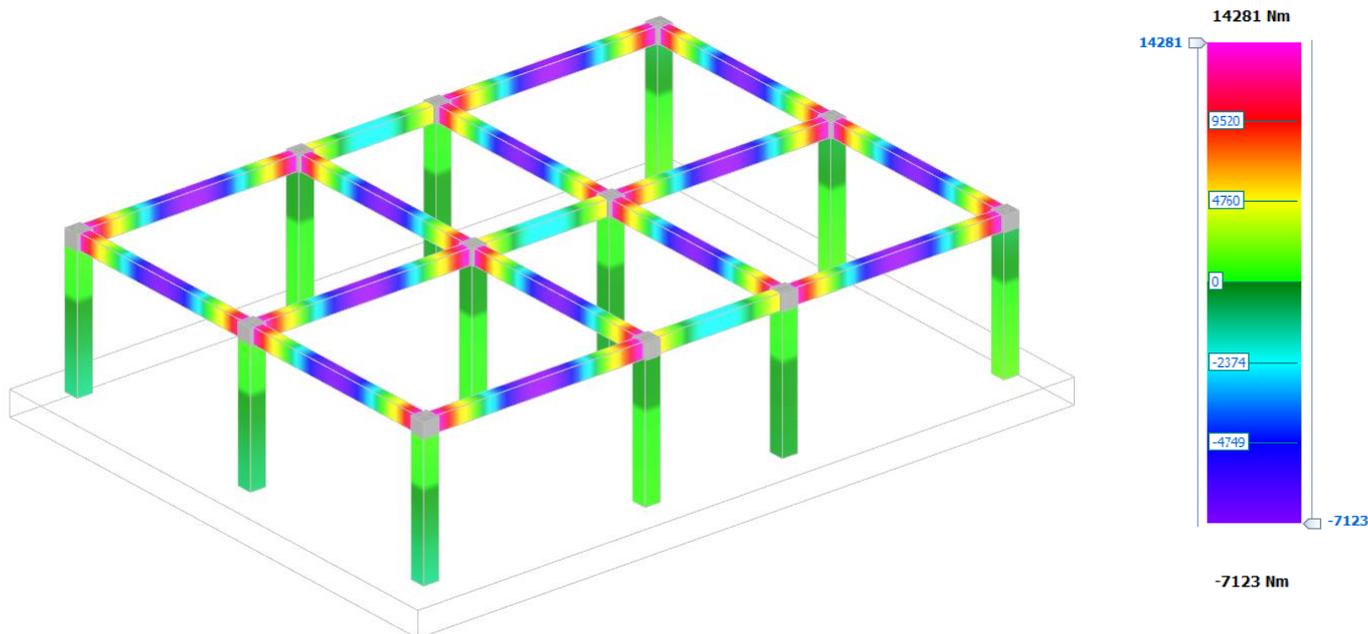
Platee - verifiche delle tensioni di esercizio

Nodo/ Tp <sub>rnf</sub>	Dir	Compressione calcestruzzo							Trazione acciaio						
		Compressione calcestruzzo rinforzo							Trazione acciaio/FRP rinforzo						
		Id <sub>Cmb</sub>	$\sigma_{cc}$	$\sigma_{cd,amm}$	N <sub>Ed</sub>	M <sub>Ed</sub>	CS	Verificato	Id <sub>Cmb</sub>	$\sigma_{at}$	$\sigma_{td,amm}$	N <sub>Ed</sub>	M <sub>Ed</sub>	CS	Verificato
	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N]	[N·m]				[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N]	[N·m]				
<b>Fondazione</b>															
<b>Platea 1</b>															
00019	P	RAR	0,259	14,94	0	29 903	57,69	SI	RAR	3,496	360,00	0	29 903	NS	SI
		QPR	0,253	11,21	0	29 236	44,25	SI	-	-	-	-	-	-	-
	S	RAR	0,239	14,94	0	27 621	62,45	SI	RAR	3,230	360,00	0	27 621	NS	SI
		QPR	0,234	11,21	0	27 004	47,91	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>Cmb</sub>** Identificativo della Combinazione di Azione: [QPR] = Quasi Permanente - [FRQ] = Frequente - [RAR] = Rara.
- $\sigma_{cc}$**  Tensione massima di compressione nel calcestruzzo della Trave/Rinforzo.
- $\sigma_{cd,amm}$**  Tensione ammissibile per la verifica a compressione del calcestruzzo.
- $\sigma_{at}$**  Tensione massima di trazione nell'acciaio della Trave/Rinforzo o nel FRP.
- $\sigma_{td,amm}$**  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 (=  $\sigma_{cd,amm}/\sigma_{cc}$  ;  $\sigma_{td,amm}/\sigma_{at}$ ). [NS] = Non Significativo (CS  $\geq$  100).
- Verificato** [SI] = La verifica è soddisfatta ( $\sigma_{cc} \leq \sigma_{cd,amm}$  ;  $\sigma_{at} \leq \sigma_{td,amm}$ ). [NO] = La verifica NON è soddisfatta ( $\sigma_{cc} > \sigma_{cd,amm}$  ;  $\sigma_{at} > \sigma_{td,amm}$ ).
- Nota** Nella tabella, per ogni elemento, viene riportato il nodo della shell che ha il coefficiente di sicurezza (CS) più piccolo.

Di seguito si mostrano le sollecitazioni, in formato 3D, della struttura portante del locale *Magazzini* soggetta all'influenza del momento M3.



Struttura sollecitata dal momento lungo l'asse 3

Società di Scopo:



Progettista:

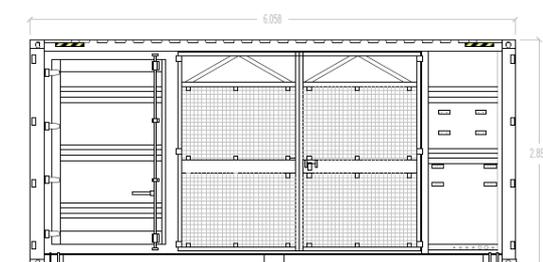


## 10. DESCRIZIONE DELLE STRUTTURE – POWER STATION

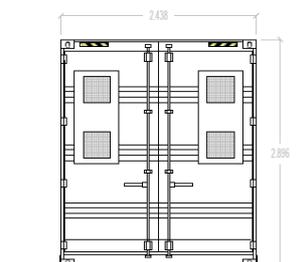
Le strutture analizzate in questo capitolo sono le Power Station: sono cabinati prefabbricati interamente realizzati da leghe metalliche al cui interno si alloggia il trasformatore ad olio.

La struttura leggera è composta da un telaio metallico principale e tamponature leggere. Il telaio è realizzato in longheroni perimetrali e irrigidimenti verticali la cui connessione è garantita dai blocchi d'angolo, anch'essi in metallo. Gli elementi di rinforzo della pavimentazione sono rappresentati da traverse metalliche che hanno il compito di sostenere e ripartire uniformemente i carichi.

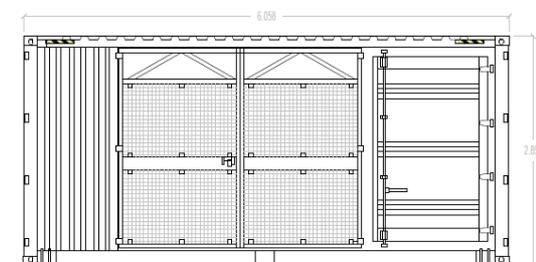
### PROSPETTI



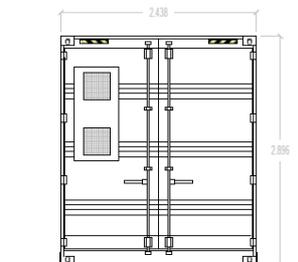
VISTA 1



VISTA 3



VISTA 2



VISTA 4

Società di Scopo:



Progettista:

restart

## RELAZIONE PRELIMINARE STRUTTURE

### 10.1. PLINTI DI FONDAZIONE

La relazione da utilizzare per valutare la capacità portante di fondazione su roccia sono del tipo:

$$q_{lim} = 21 \cdot 0,8 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_{\gamma} + 1,3 \cdot c \cdot N_c + \gamma \cdot D \cdot N_q \quad (\text{per fondazioni puntuali quadrate})$$

$\gamma$  è il peso volume al naturale della roccia che sarà interessata dalle fondazioni;

$c$  è la coesione della roccia che sarà interessata dalle fondazioni;

$B$  è la misura del lato della fondazione quadrata;

$D$  è l'incasso della fondazione;

$N_{\gamma}$ ,  $N_c$ ,  $N_q$  sono i fattori di capacità portante che dipendono dall'angolo di attrito  $\varphi$ .

Nel caso di roccia i fattori di capacità portante valgono:

$$N_q = \tan^6 (45^\circ + \varphi / 2);$$

$$N_c = 5 \tan^4 (45^\circ + \varphi / 2);$$

$$N_{\gamma} = N_q + 1.$$

Oltre alle analisi fino ad ora descritte, nel caso delle fondazioni puntuali è necessario verificare che non ci siano eccessivi cedimenti di tipo differenziale che porterebbero alla deformazione del cabinato sovrastante.

Società di Scopo:



Progettista:

restart

RELAZIONE PRELIMINARE STRUTTURE

10.2. PLINTI DI FONDAZIONE – RISULTATI DI CALCOLO

Contrariamente a quanto visto per le strutture al precedente capitolo, la Power Station è un locale interamente prefabbricato per il quale vanno progettate strutture di fondazioni resistenti a carichi di cui non si ha la compiuta la completa conoscenza in questa fase di progettazione. I calcoli e le considerazioni riportate di seguito si basano, dunque, su ipotesi estratte dalla scheda tecnica del prodotto.

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>ctm</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	N	n Ac
<b>C30/37_B450C - (C30/37)</b>															
002	25 000	0,000010	33 019	13 758	60	P	37,00	-	0,85	1,50	17,40	1,37	3,53	15	003

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>ctm</sub>** Resistenza media a trazione per flessione.
- n Ac** Identificativo, nella relativa tabella materiali, dell'acciaio utilizzato: [-] = parametro NON significativo per il materiale.

Società di Scopo:



Progettista:

restart

RELAZIONE PRELIMINARE STRUTTURE

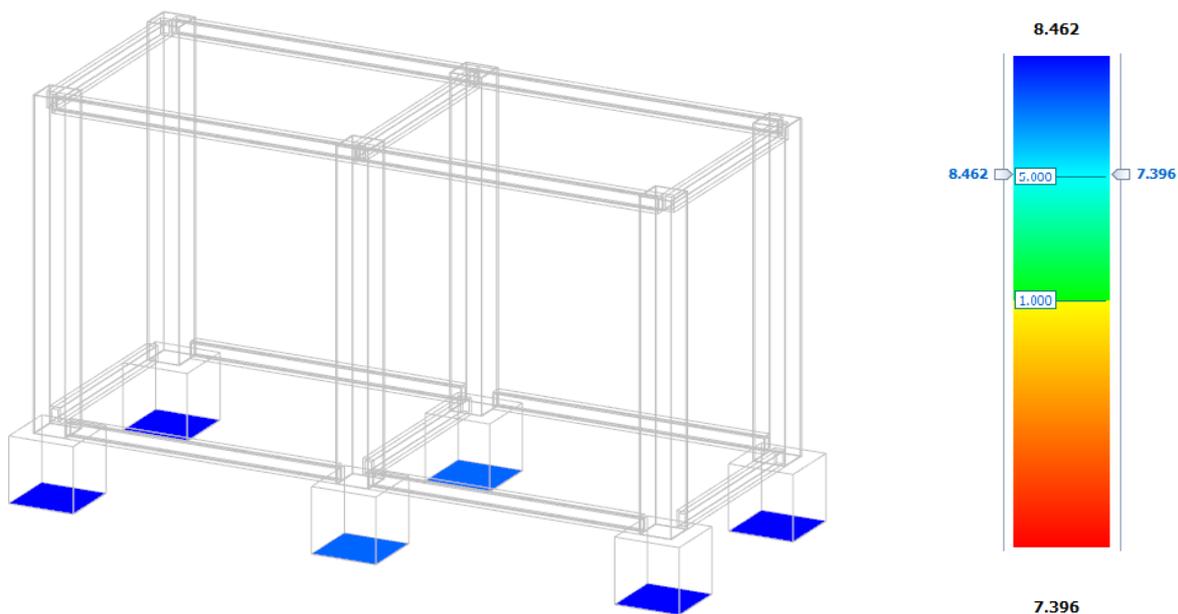
VERIFICHE CARICO LIMITE FONDAZIONI DIRETTE ALLO SLU (Fondazione)

Verifiche Carico Limite fondazioni dirette allo SLU

Id <sub>Fnd</sub>	CS	L <sub>x</sub>	L <sub>y</sub>	R <sub>tz</sub>	Z <sub>p.cmp</sub>	Z <sub>Fld</sub>	Cmp T	C. Terzaghi						Q <sub>Ed</sub>	Q <sub>Rd</sub>	R <sub>f</sub>
								per N <sub>q</sub>	per N <sub>c</sub>	per N <sub>γ</sub>	N <sub>q</sub>	N <sub>c</sub>	N <sub>γ</sub>			
Plinto 6	8,46	0,90	0,90	0,00	0,75	-	NON Coesivo	1,38	0,00	0,42	18,40	30,14	22,40	0,018	0,152	NO
Plinto 3	8,46	0,90	0,90	0,00	0,75	-	NON Coesivo	1,38	0,00	0,42	18,40	30,14	22,40	0,018	0,152	NO
Plinto 2	7,40	0,90	0,90	0,00	0,75	-	NON Coesivo	1,39	0,00	0,42	18,40	30,14	22,40	0,021	0,153	NO
Plinto 5	7,40	0,90	0,90	0,00	0,75	-	NON Coesivo	1,39	0,00	0,42	18,40	30,14	22,40	0,021	0,153	NO
Plinto 4	8,46	0,90	0,90	0,00	0,75	-	NON Coesivo	1,38	0,00	0,42	18,40	30,14	22,40	0,018	0,152	NO
Plinto 1	8,46	0,90	0,90	0,00	0,75	-	NON Coesivo	1,38	0,00	0,42	18,40	30,14	22,40	0,018	0,152	NO

LEGENDA:

- Id<sub>Fnd</sub>** Descrizione dell'oggetto di fondazione al quale è riferita la verifica.
- 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).
- L<sub>x/y</sub>** Dimensioni dell'elemento di fondazione.
- R<sub>tz</sub>** Angolo compreso tra l'asse X e il lato più lungo del minimo rettangolo che delimita il poligono della platea.
- Z<sub>p.cmp</sub>** Profondità di posa dell'elemento di fondazione dal piano campagna.
- Z<sub>Fld</sub>** Profondità della falda dal piano campagna.
- Cmp T** Classificazione del comportamento del terreno ai fini del calcolo.
- C.** Coefficienti correttivi per la formula di Terzaghi.
- Terzaghi**
- Q<sub>Ed</sub>** Carico di progetto sul terreno.
- Q<sub>Rd</sub>** Resistenza di progetto del terreno.
- R<sub>f</sub>** [SI] = elemento con presenza di rinforzo; [NO] = elemento senza rinforzo.



Risultati di calcolo: Fondazioni dirette allo SLU

Società di Scopo:



Progettista:



RELAZIONE PRELIMINARE STRUTTURE

GEOTECNICA - VERIFICHE A SCORRIMENTO (Fondazione)

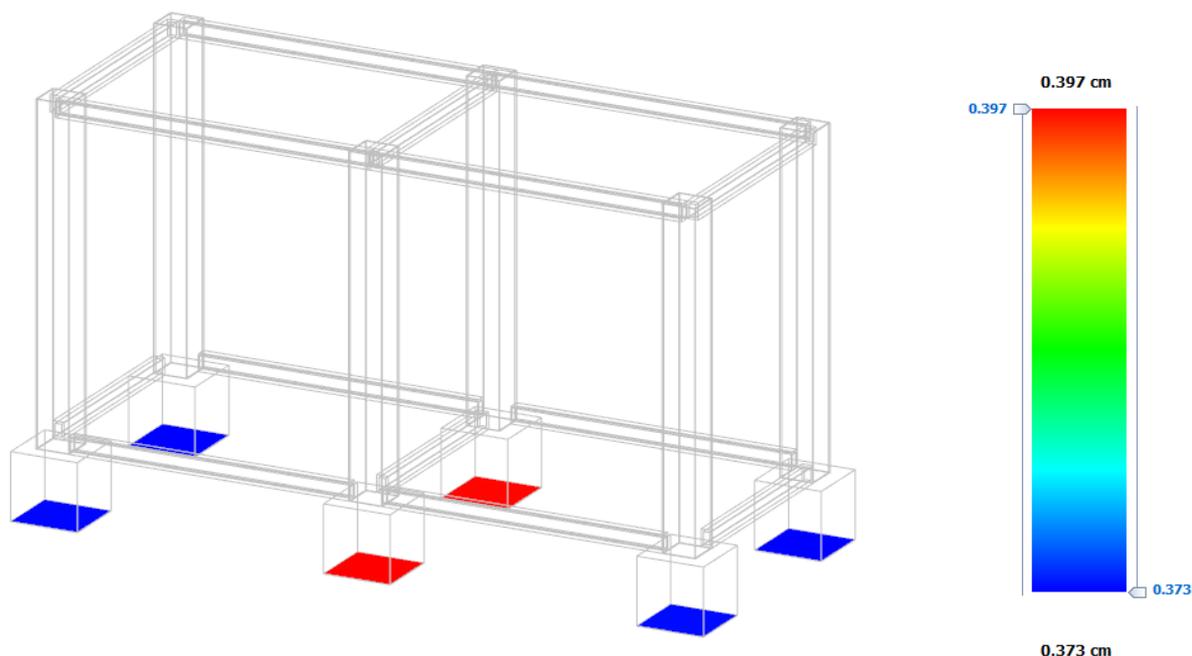
Geotecnica - Verifiche a scorrimento

Elm	Dir	N <sub>Ed</sub> [N]	M <sub>Ed</sub> [N-m]	V <sub>Ed</sub> [N]	F <sub>RD1</sub> [N]	F <sub>RD2</sub> [N]	F <sub>RD3</sub> [N]	F <sub>RD</sub> [N]	CS
Plinto 6	B	15 282	0	0	0	1473	3826	5298	NS
	L	15 282	0	0	0	1473	3826	5298	NS
Plinto 3	B	15 282	0	0	0	1473	3826	5298	NS
	L	15 282	0	0	0	1473	3826	5298	NS
Plinto 2	B	15 282	0	0	0	1473	3826	5298	NS
	L	15 282	0	0	0	1473	3826	5298	NS
Plinto 5	B	15 281	0	0	0	1473	3826	5298	NS
	L	15 281	0	0	0	1473	3826	5298	NS
Plinto 4	B	15 280	0	0	0	1473	3826	5298	NS
	L	15 280	0	0	0	1473	3826	5298	NS
Plinto 1	B	15 282	0	0	0	1473	3826	5298	NS
	L	15 282	0	0	0	1473	3826	5298	NS

LEGENDA:

- Elm** Elemento di fondazione su cui si esegue la verifica.  
**Dir** Direzione di verifica: per Plinti [B]= asse locale 2; [L]= asse locale 3. Per Winkler [B]= asse locale 3; [L]= asse locale 1. Per Platee [B]= asse globale Y; [L]= asse globale X.  
**F<sub>RD1</sub>** Aliquota di resistenza allo scorrimento per attrito terra-fondazione.  
**F<sub>RD2</sub>** Aliquota di resistenza allo scorrimento per adesione.  
**F<sub>RD3</sub>** Aliquota di resistenza allo scorrimento per affondamento.  
**F<sub>RD</sub>** Resistenza allo scorrimento.  
**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</sub>, M<sub>Ed</sub>, V<sub>Ed</sub>** Sollecitazioni di progetto.

Si riporta di seguito un estratto del 3D che mostra l'andamento dei cedimenti delle strutture di fondazione puntuale analizzati in questa fase di progettazione.



Risultati di calcolo: Cedimenti assoluti

Società di Scopo:



Progettista:

restart

## 11. CONCLUSIONI

---

La presente relazione ha lo scopo di fornire indicazioni per il calcolo strutturale da realizzare nella successiva fase esecutiva, dopo avere individuato i fornitori delle strutture considerate in questa fase della progettazione, ovvero i Tracker e le Power Station. Per quanto concerne le strutture realizzate in opera, bisognerà definire tutti gli elementi costruttivi che concorreranno alla realizzazione dei fabbricati e, di conseguenza, delle fondazioni.

Nei capitoli precedenti vengono pertanto richiamate le verifiche ed i carichi da utilizzare, in coerenza con il DM 17/01/2018.

In sede di progettazione esecutiva è opportuno effettuare le analisi che conducono esplicitamente agli sforzi e alle deformazioni a cui sono sottoposte tutte le strutture, ed in particolar modo i pali infissi, al fine di garantire la portanza e limitare le deformazioni del profilato metallico per evitare problematiche di funzionamento dell'impianto.

È pertanto solamente il produttore del tracker che potrà individuare il limite di accettabilità della deformazione al fine di garantire la corretta funzionalità nel tempo del meccanismo di funzionamento.

La normativa propone una serie di coefficienti cautelativi che possono essere considerati pari all'unità nel caso in cui il sito venga sottoposto ad un numero sufficiente di prove di carico fatte sui profilati metallici, in scala reale, infissi nel terreno. Questa procedura permetterà di avere una probabile riduzione della profondità di infissione o, in alternativa, un possibile aumento dell'interasse dei profilati metallici diminuendone le quantità, ciò porterebbe ad avere una influenza economica rilevante per l'intervento in oggetto.

Resta inteso che la deformazione massima e la compatibilità con l'impianto fotovoltaico devono essere verificati dal progettista dell'impianto stesso, che le deve ritenere accettabili.

Tutte le verifiche di dettaglio dovranno essere allegate alla relazione di calcolo del progetto esecutivo delle strutture.

Società di Scopo:



Progettista:

restart